



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Vindscreening ved Multimediehuset

Rasmussen, Michael R.; Lauridsen, Thomas Bank

*Publication date:*  
2010

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Rasmussen, M. R., & Lauridsen, T. B. (2010). *Vindscreening ved Multimediehuset*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports Nr. 100

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

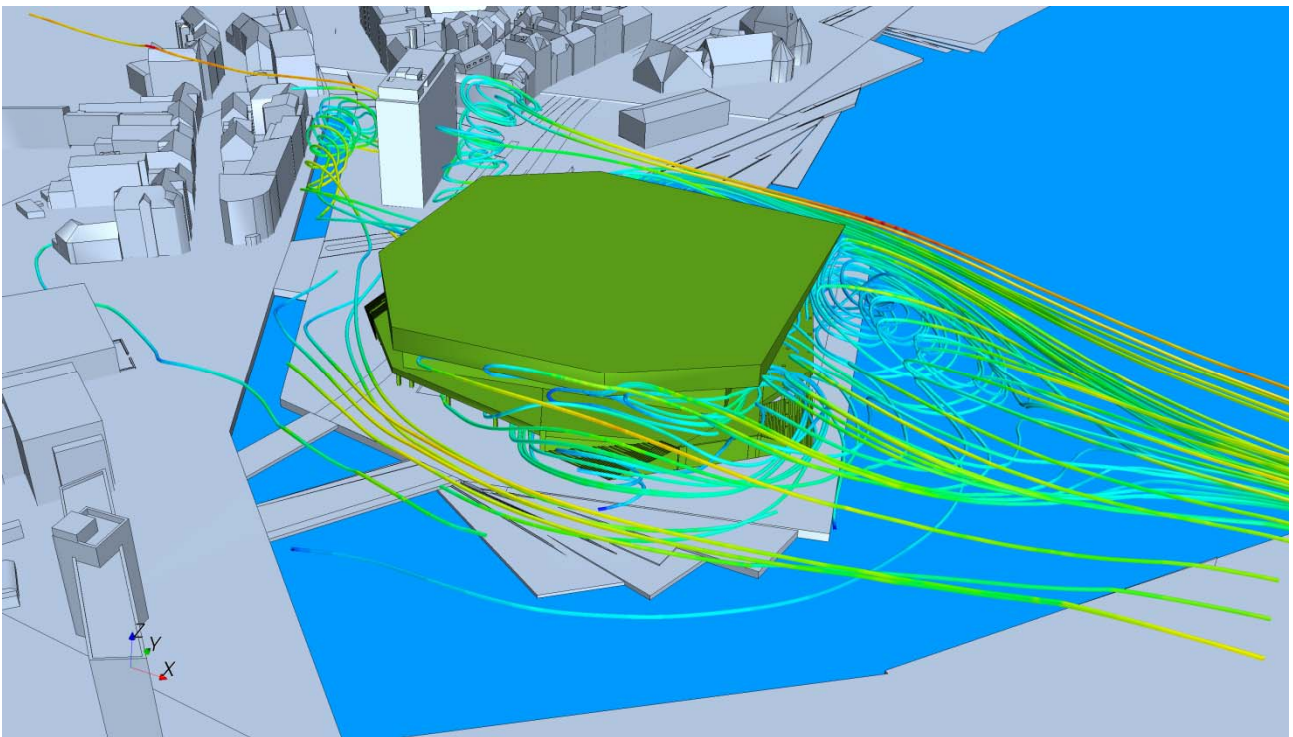
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Vindscreening ved Multimediehuset

Michael R. Rasmussen  
Thomas Bank Lauridsen



ISSN 1901-726X

DCE Technical Report No. 100



Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Vand og jord

**DCE Technical Report No. 100**

# **Vindscreening ved Multimediehuset**

Michael R. Rasmussen  
Thomas Bank Lauridsen

August 2010

© Aalborg Universitet



## Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

**Technical Reports** anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

**Technical Memoranda** udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

**Contract Reports** benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

**Lecture Notes** indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

**Theses** er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

**Latest News** rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2010 af  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sohngårdsholmsvej 57,  
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg  
Universitet

ISSN 1901-726X  
DCE Technical Report No. 100

# Indhold

<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>6</b>
1.1	Omkringliggende områder . . . . .	7
1.2	Vindens effekt på komfort og sikkerhed . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Anvendte metoder</b>	<b>8</b>
2.1	Komfort- og sikkerhedskriterier . . . . .	8
2.1.1	Komfortkriteriet . . . . .	8
2.1.2	Sikkerhedskriteriet . . . . .	9
2.2	Beregningsområdet . . . . .	9
2.3	Beregningsnet . . . . .	10
2.4	Vindstatistik . . . . .	11
2.5	Randbetingelser . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Resultater</b>	<b>14</b>
3.1	Vindfænomener omkring byggeriet . . . . .	14
3.2	Lokale vindforhold . . . . .	15
3.3	Niveau 0 . . . . .	16
3.4	Niveau 1 . . . . .	24
3.5	Komfortkriteriet . . . . .	28
3.6	Sikkerhedskriteriet . . . . .	32
3.7	Evaluerings efter SBI-anvisning 128 . . . . .	36
3.8	Opfølgning . . . . .	37
<b>4</b>	<b>Konklusion</b>	<b>39</b>
	<b>Litteratur</b>	<b>40</b>

# 1 Indledning

At analysere vindforhold om et eksisterende eller kommende byggeri kan tjene flere forskellige formål. Dels at afklare årsagen til eventuelt udsatte zoner og mulige tiltag til forbedring heraf, og dels at fastlægge om nye bygninger skaber forhold der er ukomfortable eller direkte farlige. Ved vindundersøgelser foretaget ved Aalborg Universitet skelnes der mellem en vindscreening og en analyse af vindklima. En vindscreening er en overslagsberegning med det formål at identificere zoner hvor vinden enten er forstærket eller hvor der skabes gode læforhold. Metoden er et godt værktøj til planlægning af forskellige zoners brug, ligesom den kan give et billede af hvor der eventuelt er brug for afskærmning. Til beregningen benyttes en model med mindre udstrækning og med grovere opløsning end ved en vindklimaanalyse. Samtidig benyttes otte vindretninger med en forsimplet behandling af vindstatistikken.

En vindklimaanalyse har større fokus på, om komforten og sikkerheden i et område er overskredet i et større tidsrum, end det kan accepteres. For at svare på det, er der behov for en mere detaljeret og større model samt en mere detaljeret behandling af vindstatistikken. Ved en vindklimaanalyse regnes der med vind fra 12 forskellige retninger.

Formålet med denne undersøgelse er at afklare, hvorvidt opførelsen af Multimediehuset på Århus Havn vil medføre uhensigtsmæssige vindforhold for bygningens brugere og fodgængere i området omkring bygningen. Analysen bliver foretaget som en vindscreening og har derfor fokus på lokale forstærkninger af vinden.

figur 1 viser placeringen af Multimediehuset på havnefronten. Bygningen højde er ca. 24 m med et udendørs opholdsareal i niveau 1, 7 m over terræn.



**Figur 1** Placering af Multimediehuset på Århus havnefront. (www.debynaerehavnearealer.dk)

---

## 1.1 Omkringliggende områder

Bygningen ligger ud mod vandet og kan derfor være udsat for direkte vind fra nord-øst til syd-øst. Mod vest ligger Århus centrum hvilket kan have en lægivende effekt for de hyppigere og kraftigere vinde.

## 1.2 Vindens effekt på komfort og sikkerhed

Opførelsen af høje bygninger kan fremkalde vindforhold, der kan være ukomfortable eller direkte farlige. Litteraturen angiver eksempler, hvor vindforholdene har betydet begrænset succes for nye bygninger (Blocken og Carmeliet 2004).

Vindforholdene skal dog indtænkes i en relativ sammenhæng, da vindeffekterne kan stamme fra andre bygninger eller bygningskonstellationer end de nyopførte. Derfor medtages en række omkringliggende bygværker i beregningen.

Vindforholdene bestemmes ved Computational Fluid Dynamics (CFD), der er et computerbaseret alternativ til vindtunnelforsøg. Fremskridt i numeriske beregningsmetoder har gjort denne metode lige så pålidelig. CFD kan betragtes som en virtuel vindtunnel.

## 2 Anvendte metoder

Bestemmelse af vindforholdene i området ved brug af CFD-modeller afhænger af flere parametre som; størrelse på beregningsdomænet, opløsningen af beregningsnettet i beregningsmodellen og modellens randbetingelser.

Metoden går ud på at bestemme vindforholdene 1.7 m over terræn svarende til hovedhøjde af en gennemsnitlig fodgænger. Ved at tage hensyn til vindretning og hastighed kan det statistisk forudsiges, hvor ofte en given kritisk vindhastighed optræder i fodgængerniveau.

Da der blot er tale om en vindscreening vil modellen have mindre geometrisk udstrækning og bestå af et grovere beregningsnet. Desuden bygger resultaterne på en mere forsimplet behandling af vindstatistikken.

### 2.1 Komfort- og sikkerhedskriterier

For at kunne evaluere vindforholdene i et givet område opstilles overskridelseskriterier, der er et udtryk for komforten eller sikkerheden for at færdes i området. Disse kriterier anvendes på middelvindhastigheden og turbulensen i 1.7 m højde, svarende til den gennemsnitlige hovedhøjde for fodgængere.

Det mest omfattende studie af menneskers komfort og sikkerhed i vindstrømninger er gennemført af Hunt, Poulton og Mumford (1976). På basis af dette studie er følgende kriterier opstillet:

$$U_{\text{ækv, komfort}} = U + \sigma_u \geq 6 \text{ m/s} \quad (1)$$

$$U_{\text{ækv, fare}} = U + 3\sigma_u \geq 20 \text{ m/s} \quad (2)$$

Hvor  $\sigma_u$  [m/s] er standardafvigelsen på hastigheden, hvilket er et udtryk for turbulensen, og  $U$  [m/s] er middelhastigheden. Middelhastigheden og standardafvigelsen giver dermed tilsammen en ækvivalent hastighed. Turbulensen har større indflydelse på sikkerheden end på komforten, og af denne grund vægtes den højere i sikkerhedskriteriet end i komfortkriteriet.

#### 2.1.1 Komfortkriteriet

Da følelsen af komfort afhænger af den aktivitet, der udføres imens en person påvirkes af vinden, inddeles komfortkriteriet i flere niveauer, efter hvor ofte kriteriet er overskredet.

Der findes intet dansk normgrundlag for fastsættelsen af disse komfortniveauer, men der findes en SBI-anvisning nr. 128 (Bjerregaard og Nielsen 1981). SBI-anvisningen baserer sig på en overskridelse af 5 m/s, men tager ikke højde for vindstød.

SBI-anvisningen angiver, at der bør foretages forbedringer hvis 5 m/s er overskredet mere end 20 % af tiden. Kriterierne fra den hollandske norm NEN 8100, som er baseret på

---

nyere forskning, vurderes at repræsentere de faktiske vindforhold bedre. Disse kriterier fremgår af tabel 1.

**Tabel 1** Inddeling af klasser for komforten i et givent område efter overskridelsessandsynlighed (%) i den hollandske vindkomfortnorm (efter Blocken og Persoon 2009).

Aktivitet		Hurtig gang	Spadsere	Sidde
<2.5	A	God	God	God
2.5-5.0	B	God	God	Moderat
5.0-10.0	C	God	Moderat	Dårlig
10-20	D	Moderat	Dårlig	Dårlig
>20	E	Dårlig	Dårlig	Dårlig

### 2.1.2 Sikkerhedskriteriet

Sikkerhedskriteriet er blevet inddelt i tre niveauer; områder, der ved stærk vind, ikke kan betragtes som usikkert at færdes i, områder med begrænset sikkerhed, og områder hvor det er usikkert at færdes i ved stærk vind.

Som for komfortkriteriet bygger niveauinddelingen på, hvor tit sikkerhedskriteriet, givet ved formel (2), er overskredet. SBI-anvisningen anvender ikke et selvstændigt sikkerhedskriterie, men angiver at hvis 5 m/s er overskredet mere end 53 % af tiden er det „meget ubehageligt til farligt“. Den hollandske norm 8100 angiver niveauinddelingerne, der fremgår af tabel 2.

**Tabel 2** Oversigt over niveauer for sikkerhedsklasser efter overskridelsessandsynligheder (%) i den hollandske vindkomfortnorm (efter Blocken og Persoon 2009).

Sikkert	Begrænset sikkerhed	Usikkert
<0.05 %	0.05 % – 0.3 %	>0.3 %

Ud fra ovenstående kriterier for overskridelsessandsynligheder og en vindstatistik for området kan der for hele området beregnes, hvor tit kriterierne overskrides. Ud fra dette kan områderne niveauinddeles efter kategorierne.

## 2.2 Beregningsområdet

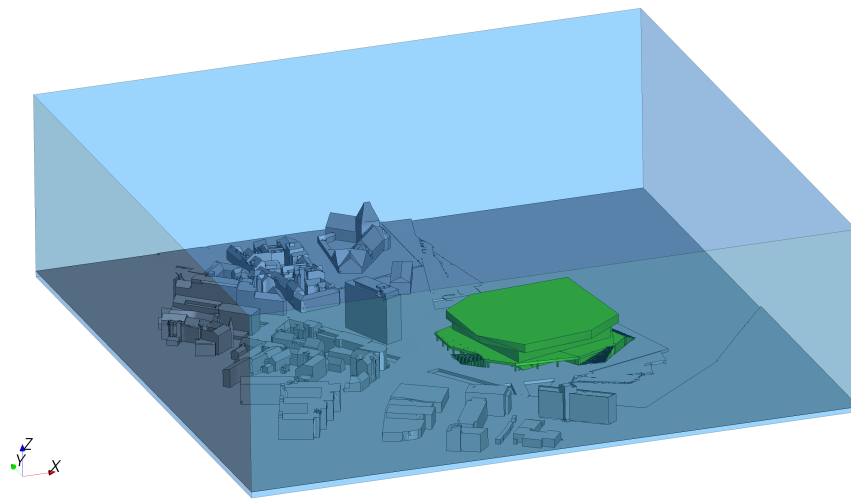
Beregningsområdet modelleres som et område med størrelsen 500 m × 500 m, hvor Multimediehuset er placeret centralt. Dermed er der ca. 250 m ud til randen af området fra bygningen.

Beregningsområdets øvre rand ligger 150 m over havoverfladen.

Modellen består af forholdsvis detaljerede beskrivelser af konstruktioner og terræn i området. Detaljeringsgraden er størst omkring Multimediehuset og den tilhørende pier og mindre ud mod områdets rande. Dette er en følge af, at objekter langt fra bygningen har mindre effekt end de nærmeste objekter.

Alt der er længere væk end de 250 m, som beregningsdomænet indeholder, bliver modelleret ved en ruhed ved domænets indløb. Denne ruhed afhænger af terrænet og bygningstætheden udenfor beregningsdomænet. Jo mere bebygget eller bevokset område, des større ruhed. Dette er yderligere beskrevet i afsnit 2.5.

Det anvendte beregningsområde fremgår af figur 2, hvor Multimediehuset er afbilledet med grøn i centrum af beregningsmodellen.



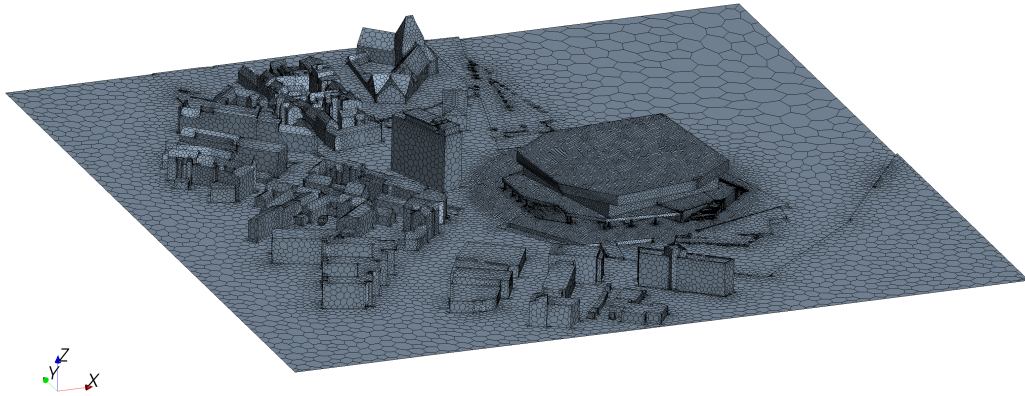
**Figur 2** Overblik over beregningsområdet, der benyttes i CFD-beregningerne.

### 2.3 Beregningsnet

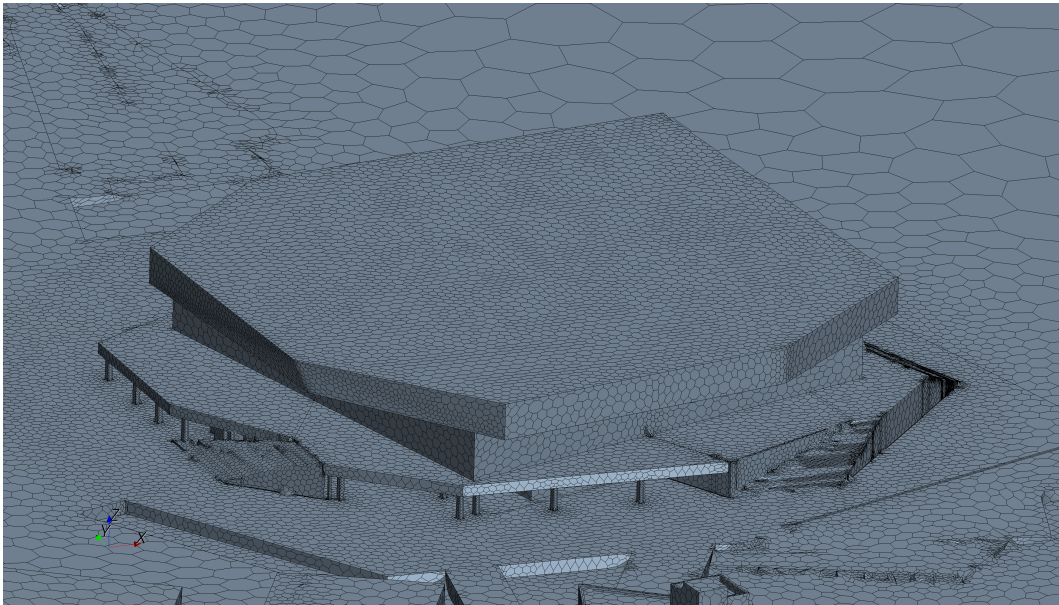
For hver enkelt vindretning er beregningsområdet opdelt i et beregningsnet bestående af omtrent 650 000 celler. Størrelsen af de enkelte beregningsceller afhænger af, hvor detaljeret resultaterne ønskes. Som tidligere nævnt benyttes en forholdsvis grov inddeling af celler da der er tale om en vindscreening.

Flest celler er anvendt omkring Multimediehuset og den tilhørende pier, mens størrelsen på cellerne længere væk fra interesseområdet gradvist forøges.

På terrænet er der yderligere anvendt prismatiske celler indtil en højde på 2 m for bedre at kunne opløse grænselaget, hvori fodgængere befinder sig. Illustrationer af det anvendte beregningsnet fremgår af figur 3 og 4.



**Figur 3** Illustration af beregningsnet for beregningsområdet.



**Figur 4** Illustration af beregningsnet ved Multimediehuset.

## 2.4 Vindstatistik

Metoden er baseret på en kobling mellem vindstatistik og gennemregningerne af vindforholdene i den virtuelle vindtunnel. Den anvendte vindstatistik er fra den nærmeste meteorologiske station, som er placeret i Tårstrup Lufthavn.

Der laves beregninger for 8 vindretninger, og for hver af disse er der opstillet en 2 parameter Weibull fordeling, som beskriver sandsynligheden for en given vindhastighed. Fordelingen ser ud som følger:

$$P(U > U_{\text{kritisk}}) = \exp \left( - \left( \frac{U_{\text{kritisk}}}{A} \right)^k \right) \quad (3)$$

Hvor  $U$  [m/s] er den fundne hastighed,  $U_{\text{kritisk}}$  [m/s] er den kritiske vindhastighed, som det ønskes at finde en overskridelsessandsynlighed for.  $A$  [m/s] og  $k$  [-] er Weibull-parametrene.



For Tirstrup Lufthavn angiver Troen (1989) Weibullparametrene. Disse parametre er et estimat for det regionale vindklima. Parametrene gælder for et fladt, ensartet terræn, der er forholdvist åbent.

De lokale vindforhold er influeret af et langt mere ru landskab. Der er derfor korregeret for ruhederne angivet på figur 5 og figur 6 efter en to-lags atmosfærisk model af Wieringa (1986). Dermed er parametrene angivet i tabel 3 anvendt.

**Tabel 3** Parametre for vindklima 10 meter over jordniveau ved Århus havn.

Sektor	Frekvens	$A$	$k$
0	6.34	2.72	1.43
45	7.97	4.07	1.65
90	10.1	5.10	1.45
135	12.5	4.94	1.61
180	15.4	3.44	1.62
225	15.5	3.24	1.82
270	19.4	3.59	1.88
315	12.8	3.48	1.70

Weibullfordelingerne giver, sammen med frekvensen, sandsynligheden for, at en given vindstyrke og vindretning optræder. Gennemregningerne i den virtuelle vindtunnel angiver, hvordan vinden lokalt strømmer omkring bygningerne.

## 2.5 Randbetingelser

Til den virtuelle vindtunnel skal der angives et strømningsprofil for indløbet. I den uforstyrrede strømning er hastighedsprofilen logaritmisk:

$$U(z) = \frac{U_*}{\kappa} \ln \left( \frac{z-d}{z_0} \right) \quad (4)$$

Hvor  $U_*$  [m/s] er friktionshastigheden,  $\kappa$  [-] er von Karmans konstant,  $z$  [m] er højden over terræn,  $z_0$  [m] er ruhedshøjden, og  $d$  [m] er en afstand, hvormed hastighedsprofilen løftes. I beregningerne er  $d$  sat til tre gange ruhedshøjden.

Ruhedshøjden  $z_0$  er bestemt ud fra de orthofotos og klassifikationen angivet af Wieringa (1992). De anvendte ruheder fremgår af figur 5.

I vindtunnelen er der anvendt SST  $k$ - $\omega$ -modellen efter Menter (1994) og Yang m.fl. (2008) til at beregne turbulensen. Indløbsprofilerne for den turbulent kinetiske energi  $k$  og den specifikke dissipationsrate  $\omega$  er bestemt efter profilerne angivet af Yang et al. (2009) og Yang m.fl. (2008):

$$k(z) = \frac{U_*^2}{\sqrt{c_\mu}} \sqrt{c_1 \ln \left( \frac{z-d}{z_0} \right) + c_2} \quad (5)$$

$$\omega(z) = \frac{U_*^3}{\kappa \sqrt{c_\mu}} \frac{1}{z-d} \quad (6)$$

Hvor  $c_\mu$ ,  $c_1$  og  $c_2$  er konstanter, der hhv. antager værdierne 0,04, -0,25 og 2,32.



**Figur 5** De lokale ruheders afhængighed af vindretning.

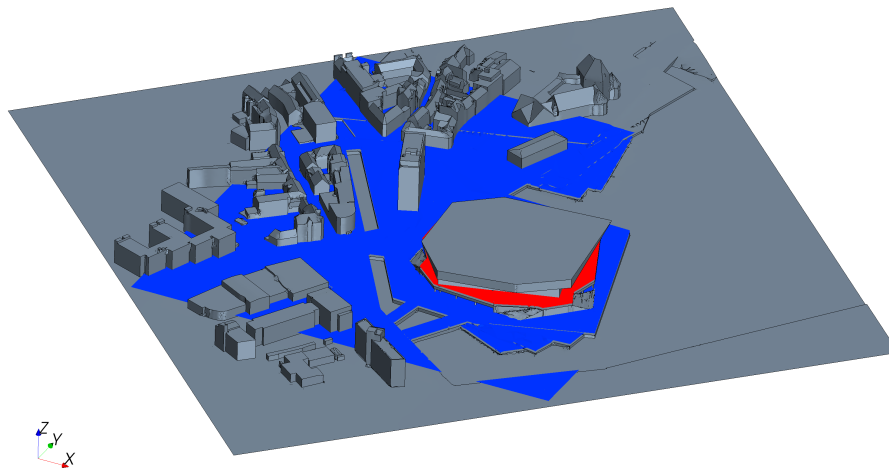


**Figur 6** De regionale ruheders afhængighed af vindretning.

Der er anvendt en terrænmodel som nedre grænse sammen med bygningsmodellen. Terrænet er påført en ruhed svarende til  $z_0 = 0.03$  m. Bygningerne betragtes som glatte overflader, og på de frie rande er der anvendt symmetri.

## 3 Resultater

For hver af de otte vindretninger er vindhastigheden fundet 1.7 m over terræn. I dette tilfælde for både niveau 0 og niveau 1. Planerne er markeret i figur 7.

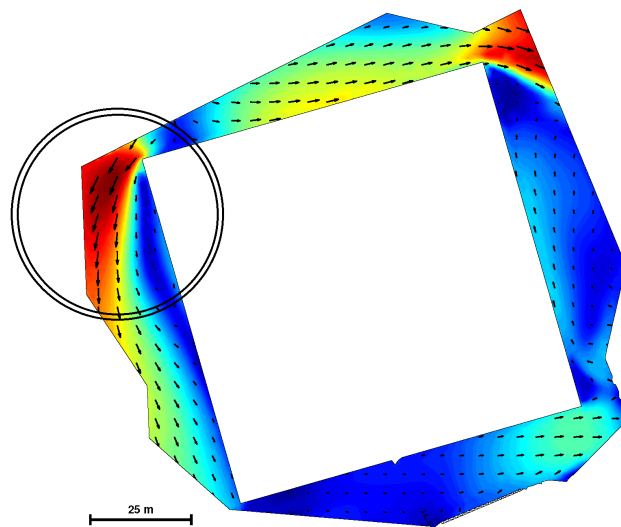


**Figur 7** Planer hvori vindhastigheder er fundet i 1.7 m højde. Niveau 0 er markeret med blå og niveau 1 med rød

For at evaluere komfort og sikkerhed i området er der udført beregninger af de lokale vindforhold for de otte retninger, som er opgivet i tabel 3. Ud fra disse otte beregninger kan den samlede overskridelsessandsynlighed i et givet punkt findes ved at summere den beregnede overskridelsessandsynlighed i punktet fra hver retning. Beregningen skal betragtes som et overslag da en præcis model vil kræve en vindklimaanalyse.

### 3.1 Vindfænomener omkring byggeriet

I forbindelse med etableringen af Multimediehuset opstår nogle vindfænomener lokalt kan betyde en forstærkning af vindhastigheden. Det fænomen der giver anledning til de største hastighedsforøgelser i dette tilfælde er hjørnestrømninger. Omkring bygningers hjørner skal vinden passere et mindre areal. Den øgede vindhastighed vil derfor lokalt mindske komforten og sikkerheden. Fænomenet er svært at undgå og vil i større eller mindre grad være til stede for alle vindretninger. Problemet er mest udtalt på niveau 1 hvor vindhastigheden øges omkring bygningens fire hjørner. Et eksempel på en hjørnestrømning er vist på figur 8 med vind fra nord-vest.

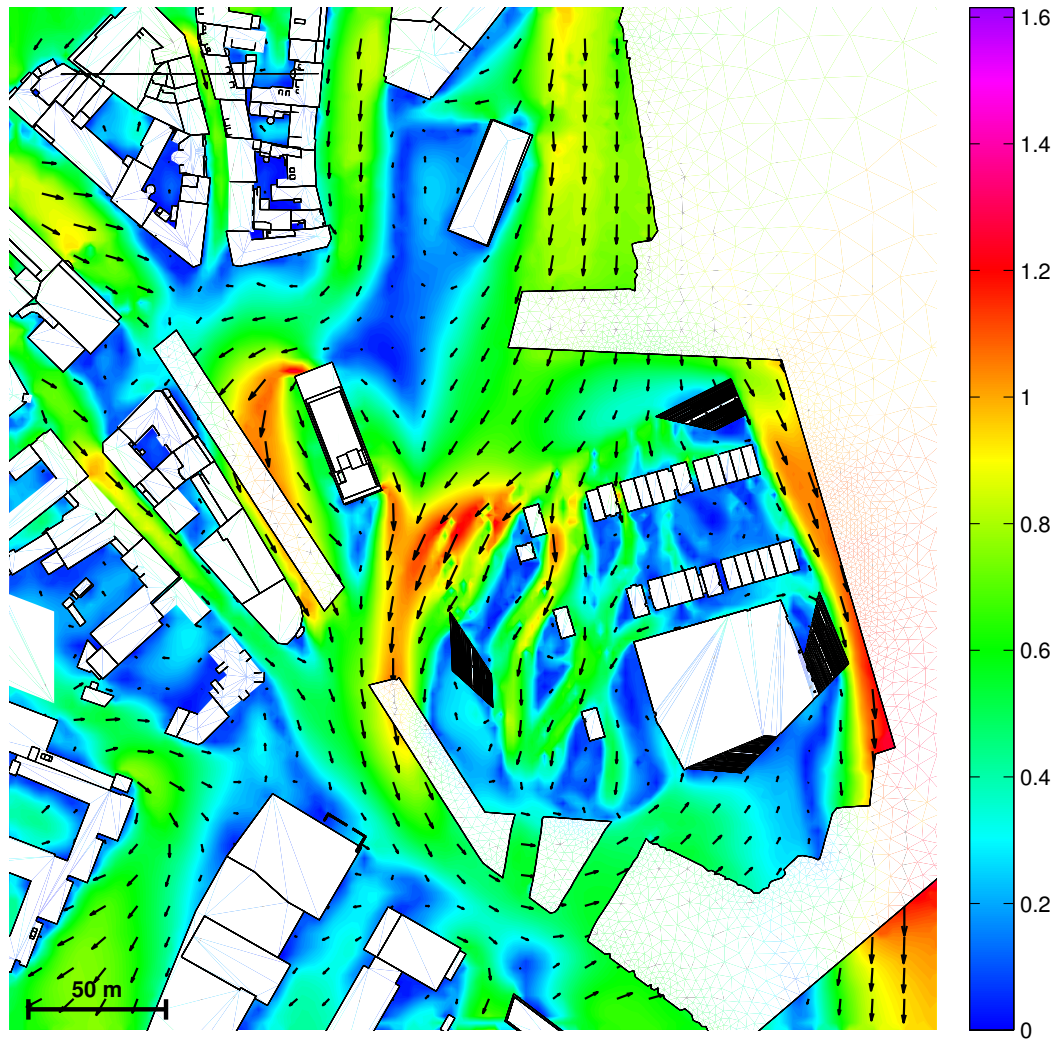


**Figur 8** Eksempel på hjørrestrømning på niveau 1 med vind fra nord-vest. Hastigheden er dimensionsløs.

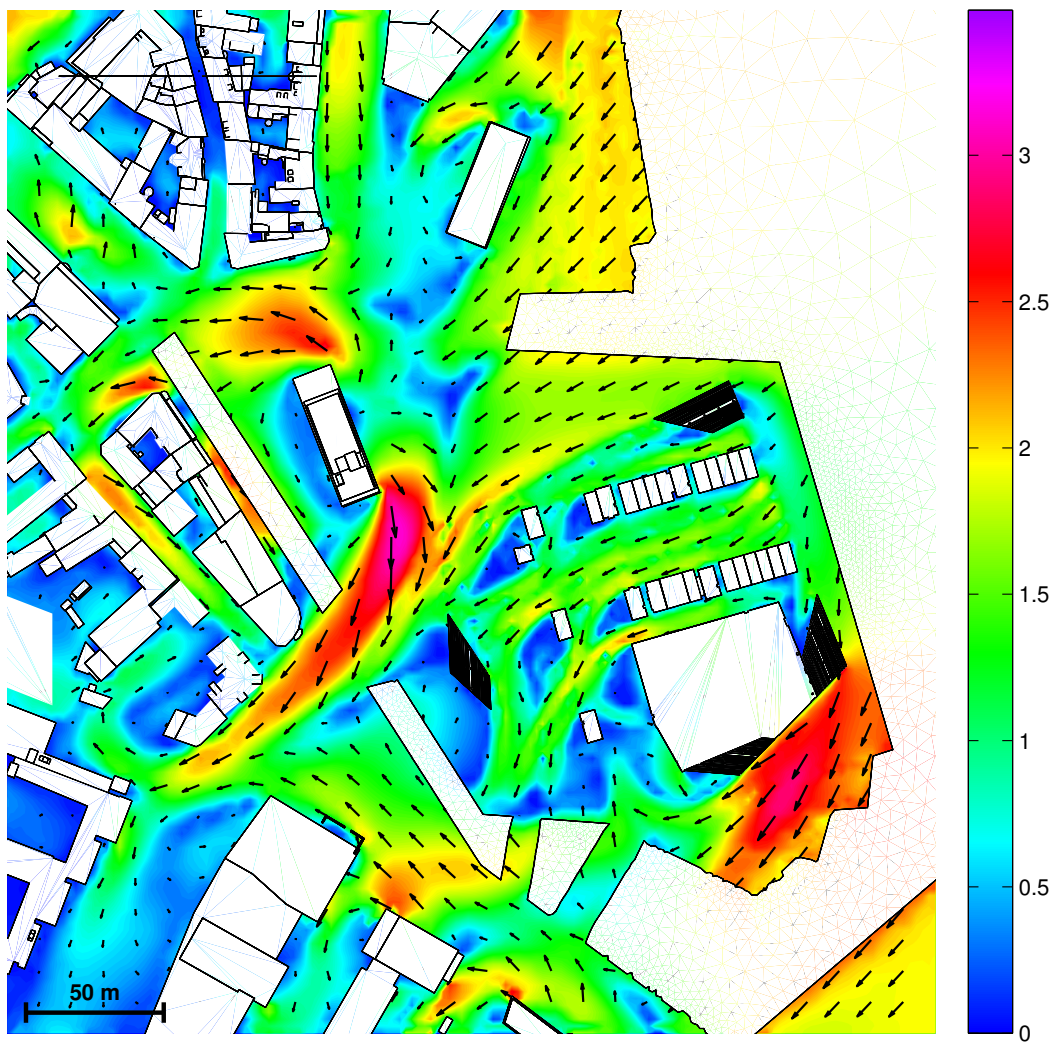
### 3.2 Lokale vindforhold

I det følgende forefindes vektor- og konturplots af vindstrømningerne fra hver af de otte retninger. Farverne angiver den hyppigst forekommende vandrette vindhastighed svarende til den givne retning. Alle enheder er i m/s.

### 3.3 Niveau 0

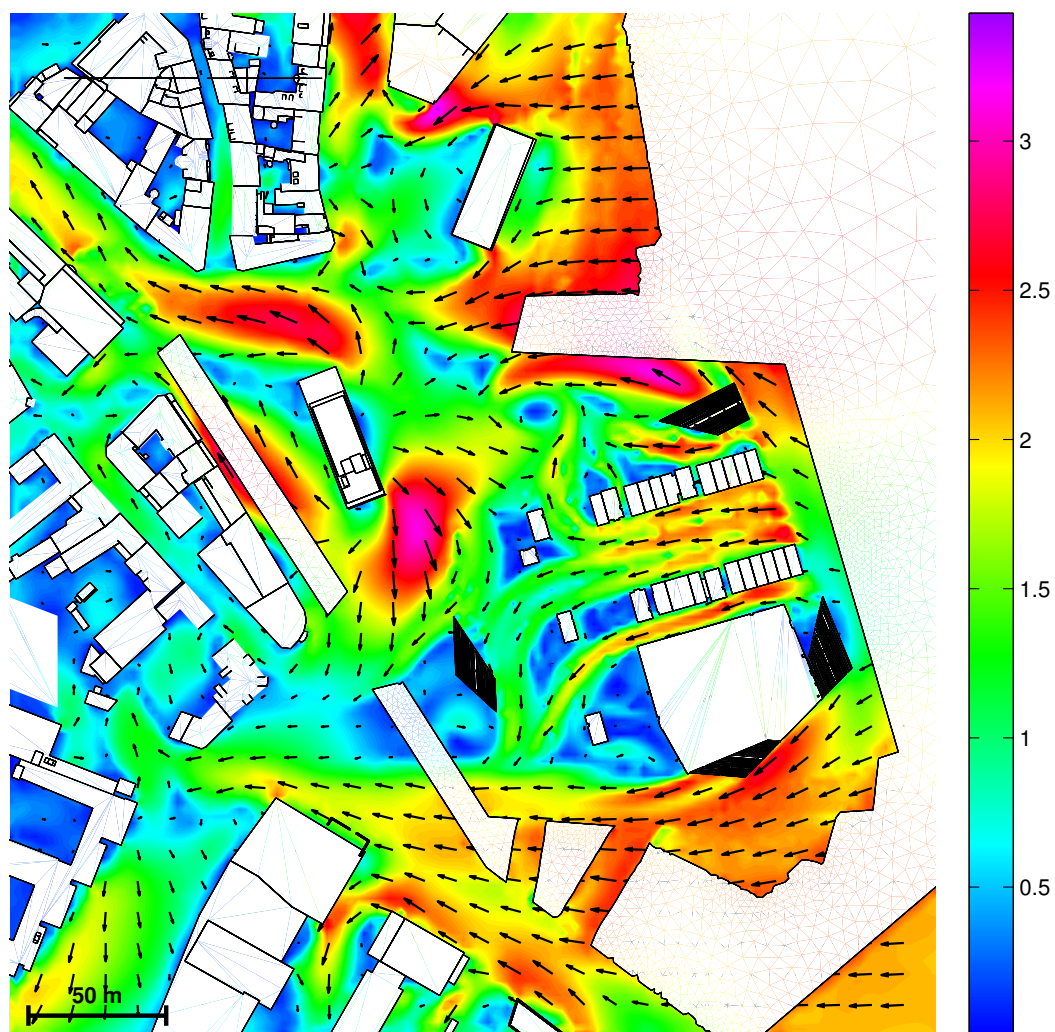


**Figur 9** Vektorplot af vind fra 0° i forhold til nord.

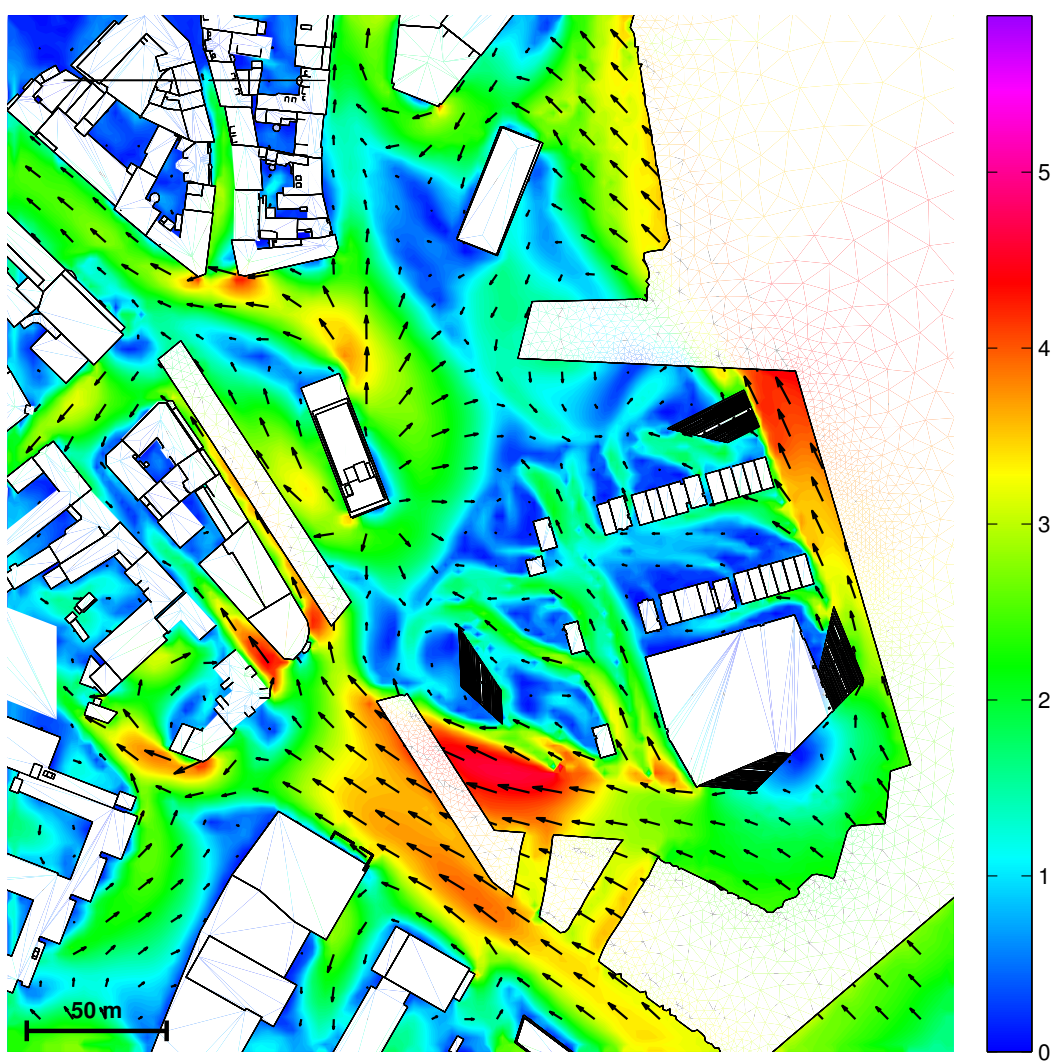


**Figur 10** Vektorplot af vind fra  $45^\circ$  i forhold til nord.



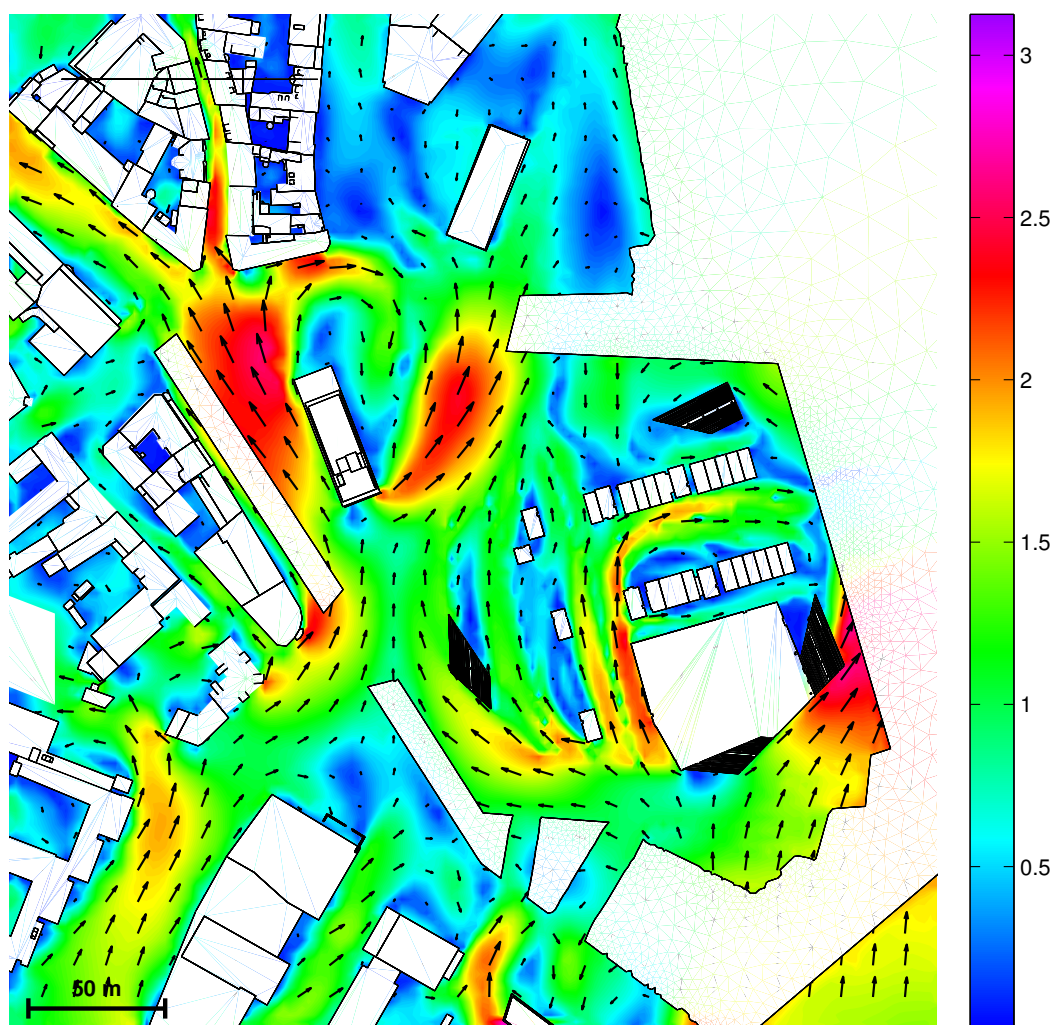


**Figur 11** Vektorplot af vind fra  $90^\circ$  i forhold til nord.

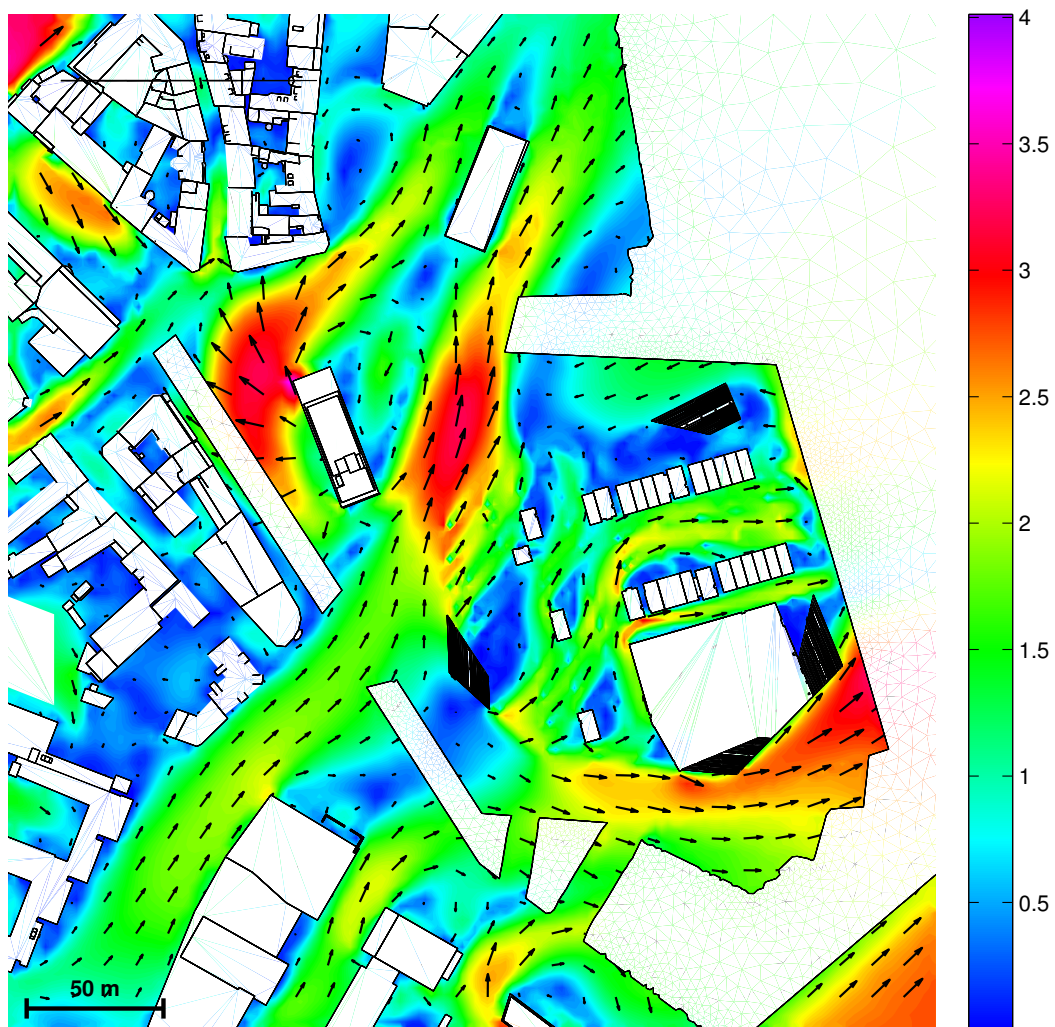


**Figur 12** Vektorplot af vind fra  $135^\circ$  i forhold til nord.

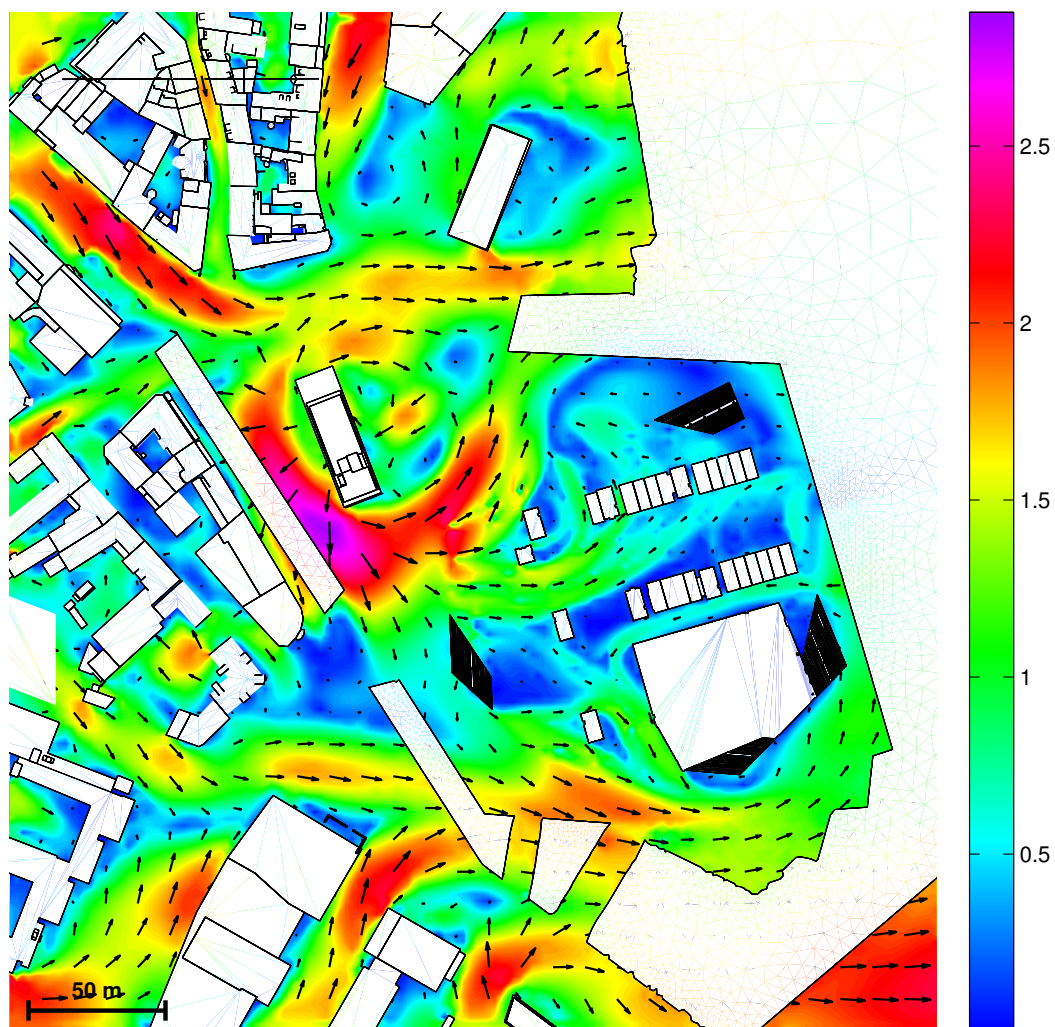




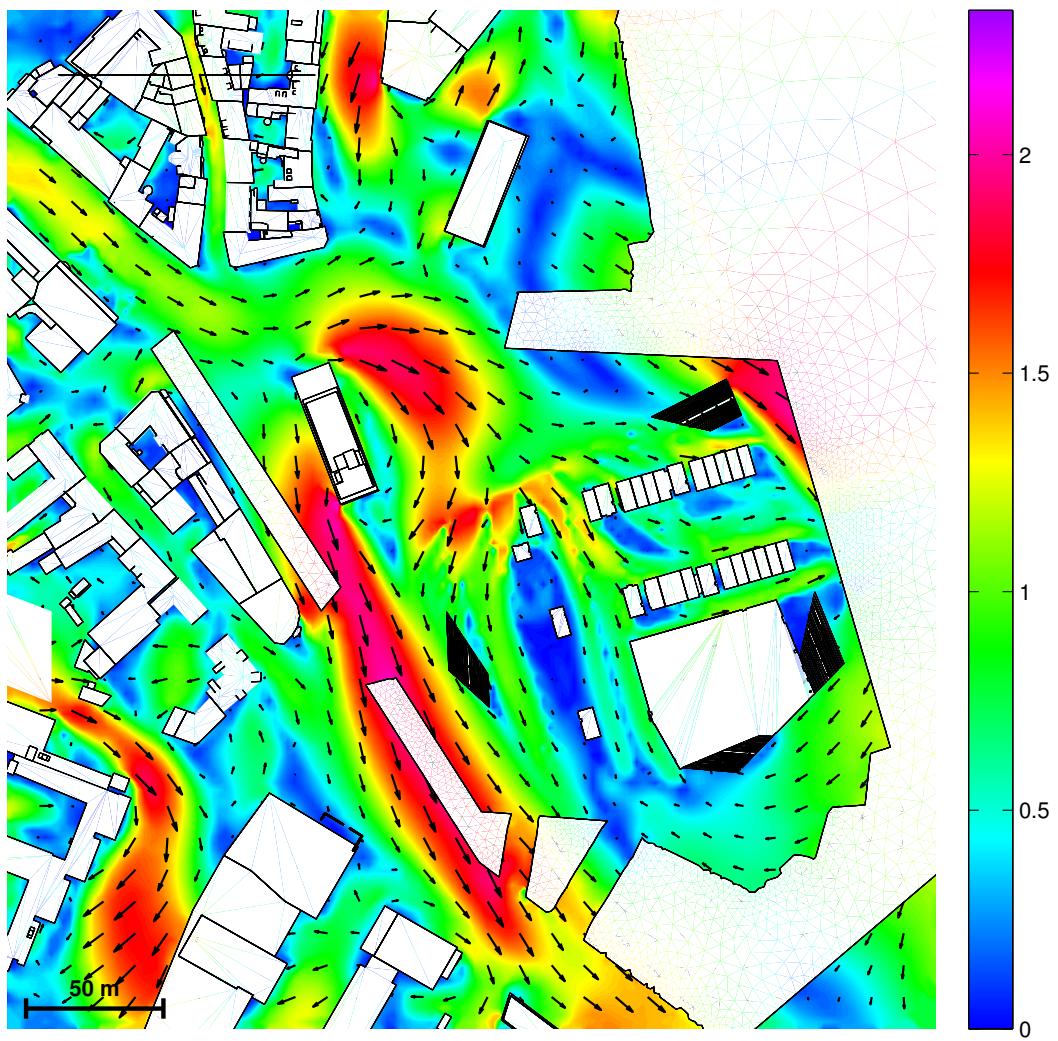
**Figur 13** Vektorplot af vind fra 180° i forhold til nord.



**Figur 14** Vektorplot af vind fra  $225^\circ$  i forhold til nord.



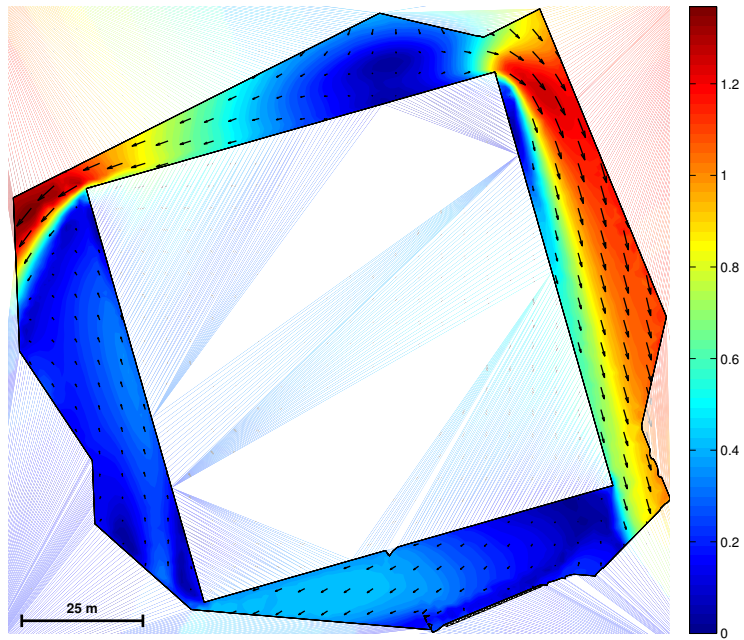
**Figur 15** Vektorplot af vind fra 270° i forhold til nord.



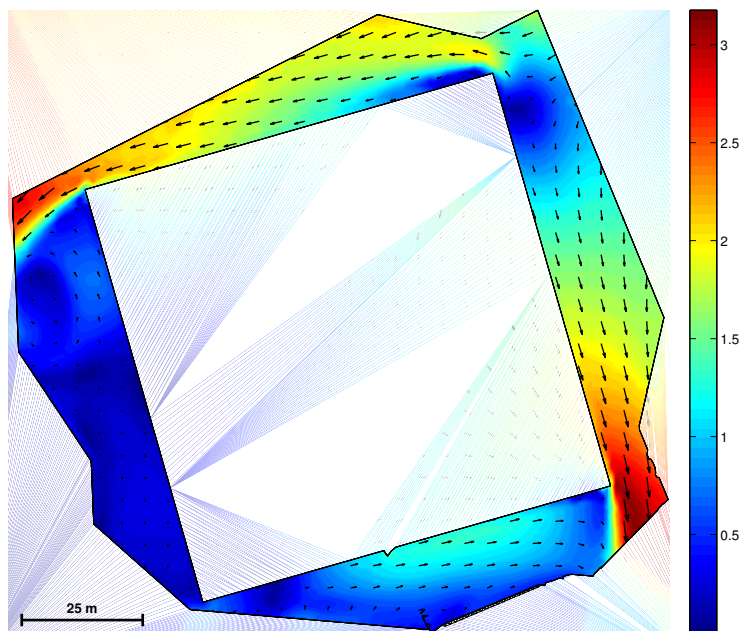
**Figur 16** Vektorplot af vind fra 315° i forhold til nord.



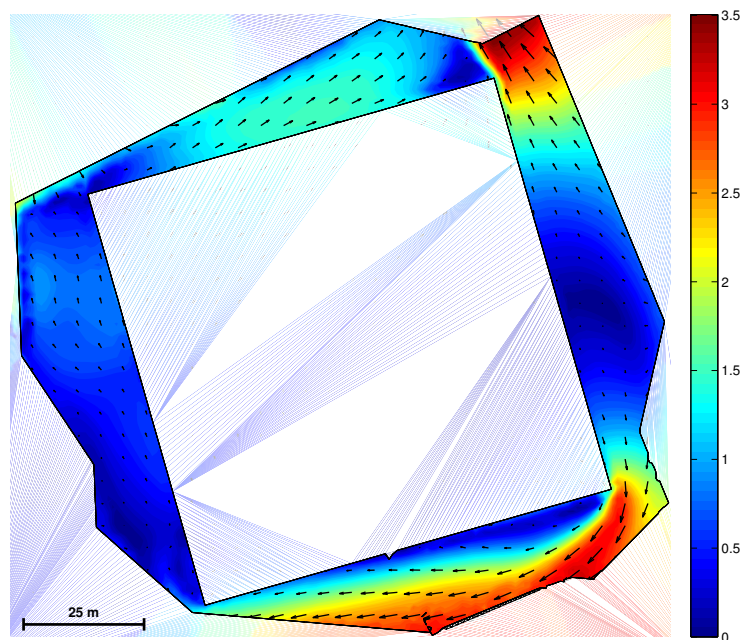
### 3.4 Niveau 1



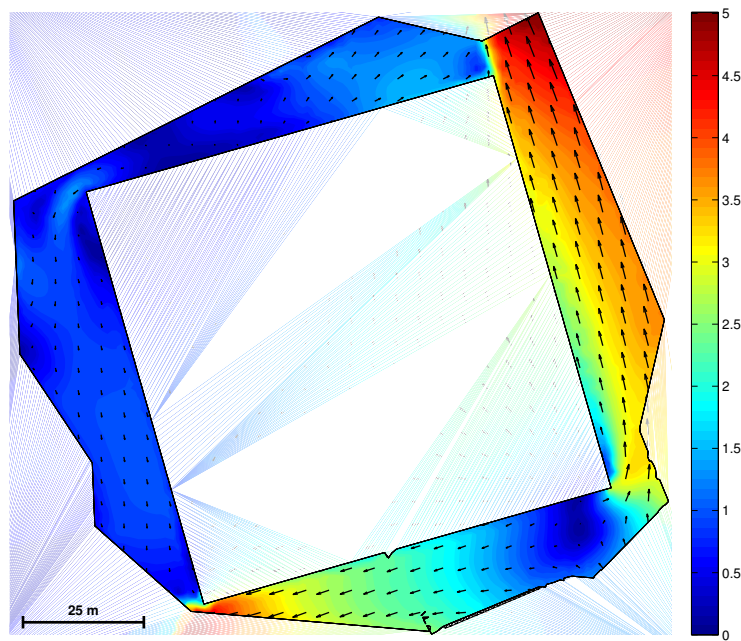
**Figur 17** Vektorplot af vind fra 0° i forhold til nord.



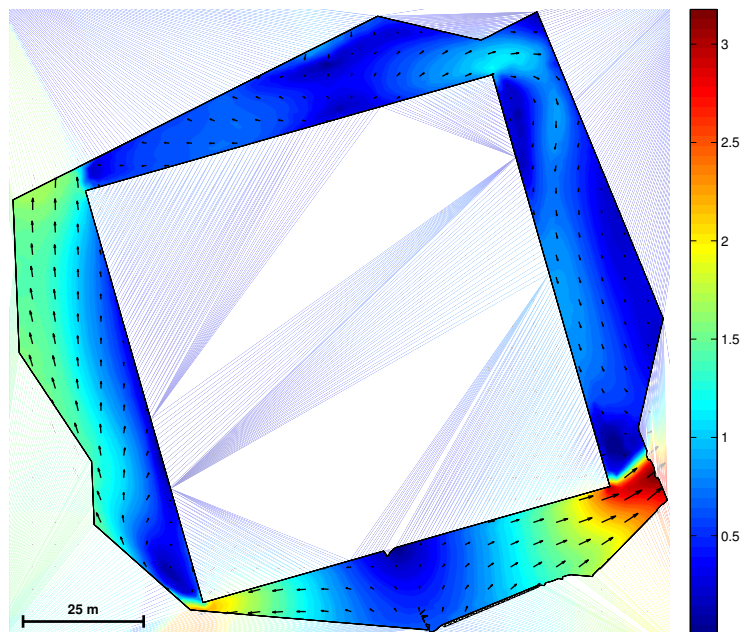
**Figur 18** Vektorplot af vind fra 45° i forhold til nord.



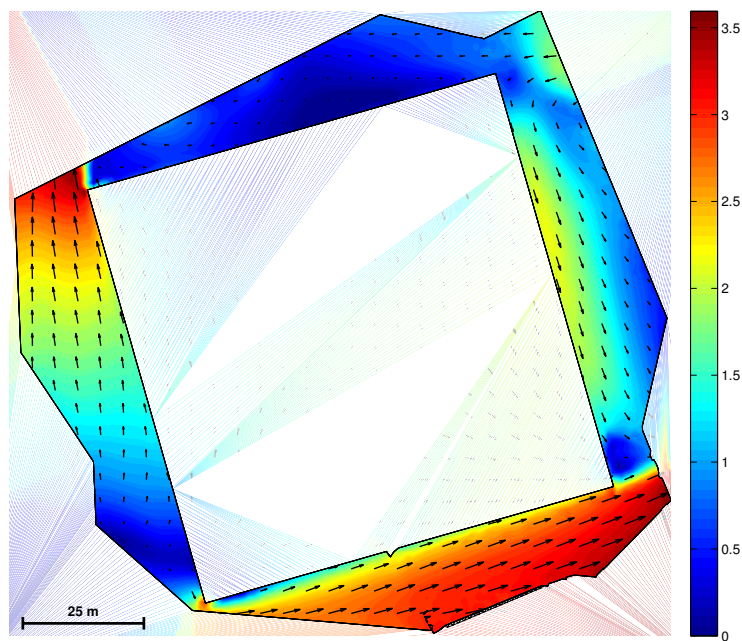
**Figur 19** Vektorplot af vind fra 90° i forhold til nord.



**Figur 20** Vektorplot af vind fra 135° i forhold til nord.

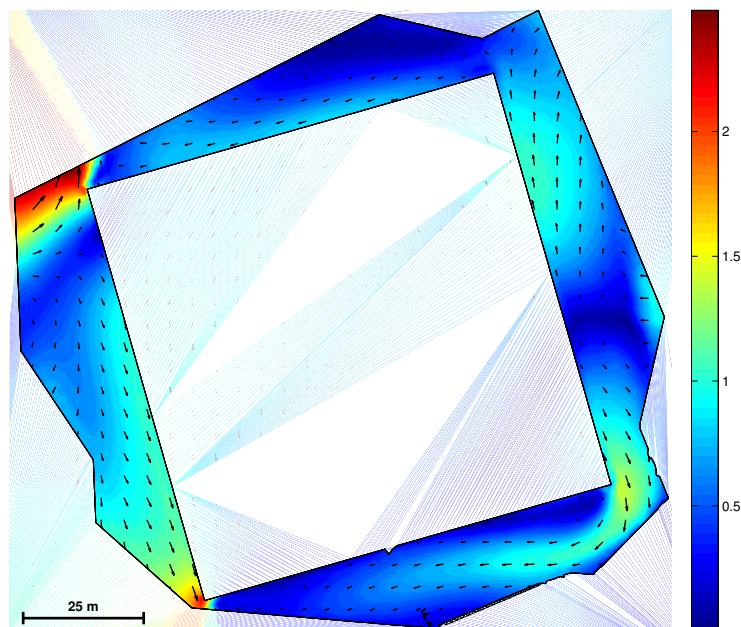


**Figur 21** Vektorplot af vind fra 180° i forhold til nord.

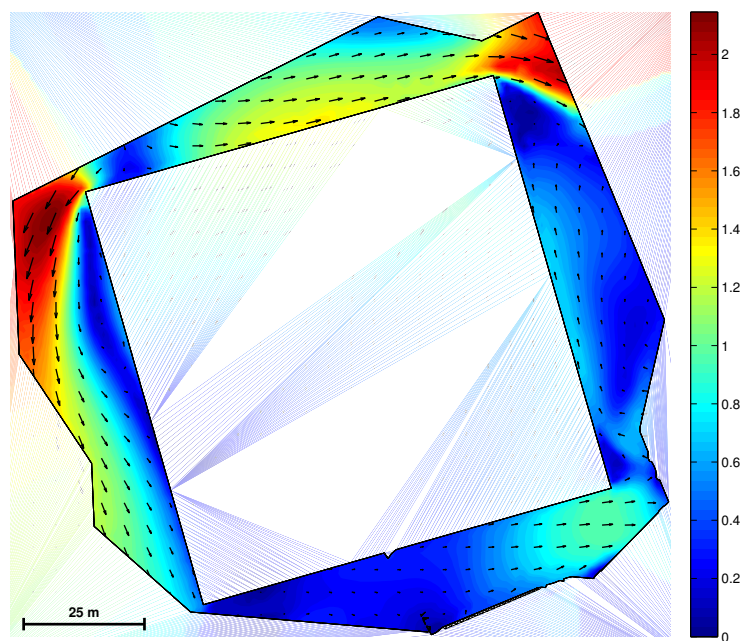


**Figur 22** Vektorplot af vind fra 225° i forhold til nord.





**Figur 23** Vektorplot af vind fra 270° i forhold til nord.

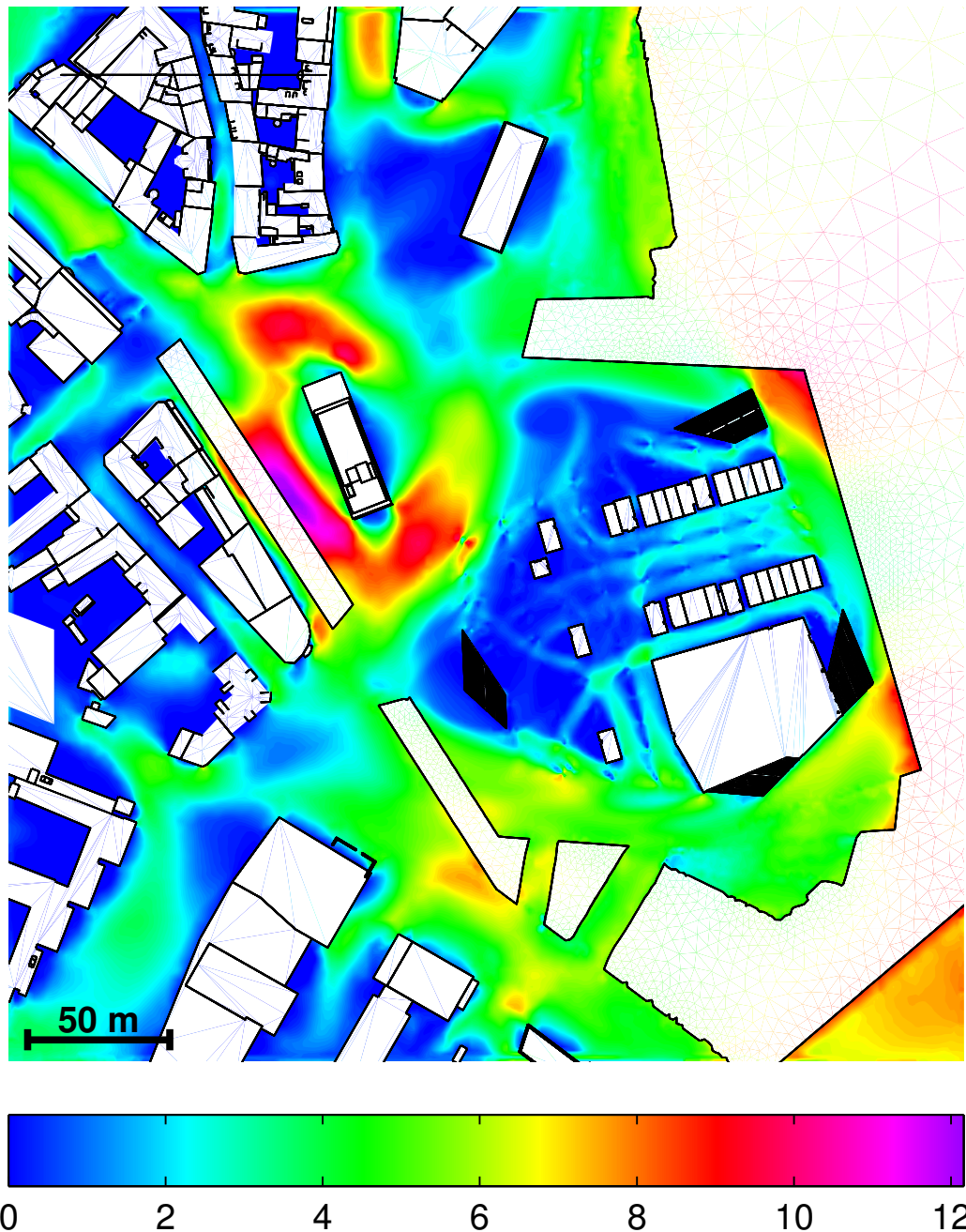


**Figur 24** Vektorplot af vind fra 315° i forhold til nord.



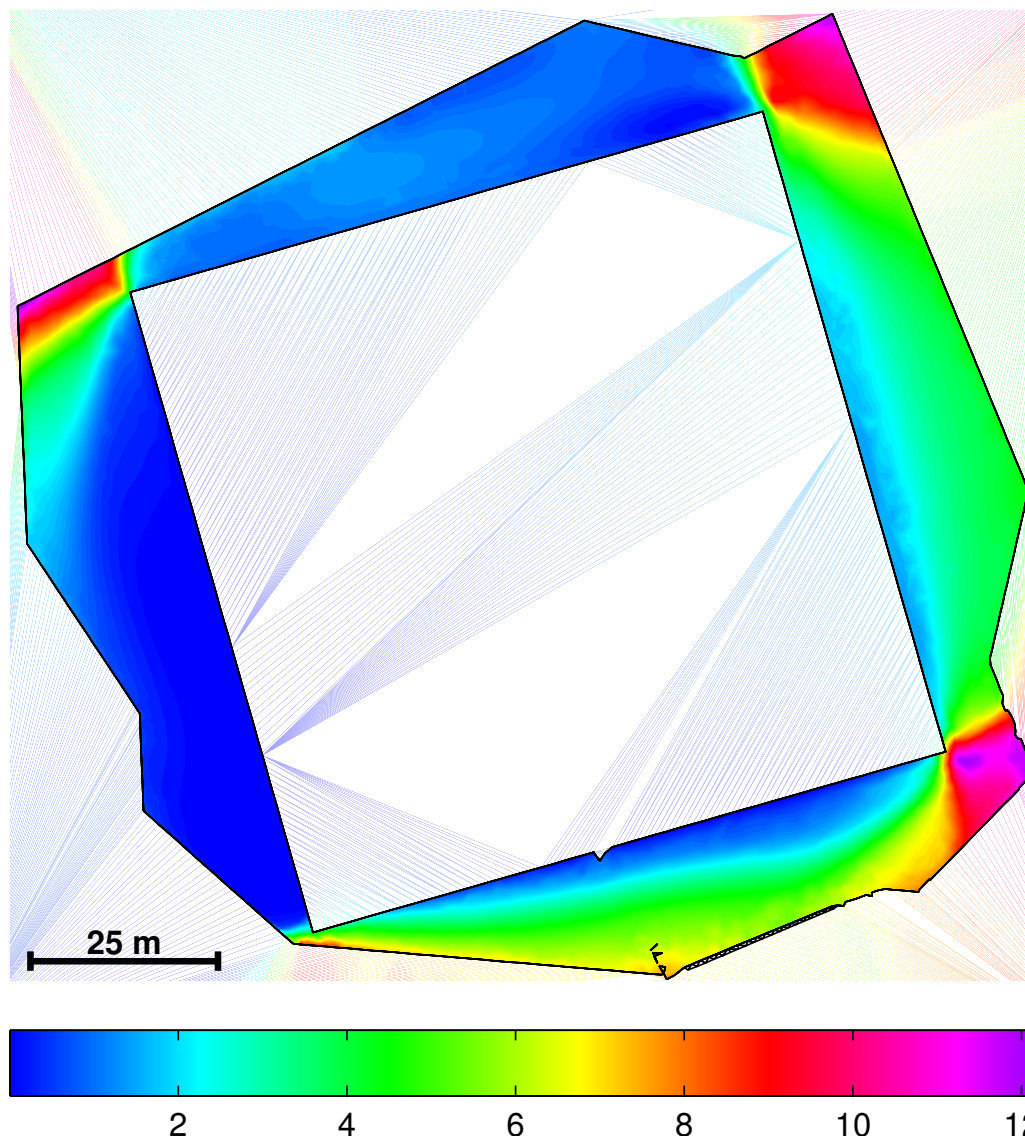
### 3.5 Komfortkriteriet

Analysen for de 8 vindretninger resulterer i et konturplot af overskridelsessandsynligheden af komfortkriteriet. Dette er vist i figur 25 for niveau 0 og figur 26 og inddelt i farver som svarende til de opstillede kriterier i afsnit 2.1 på figur 27 og 28.

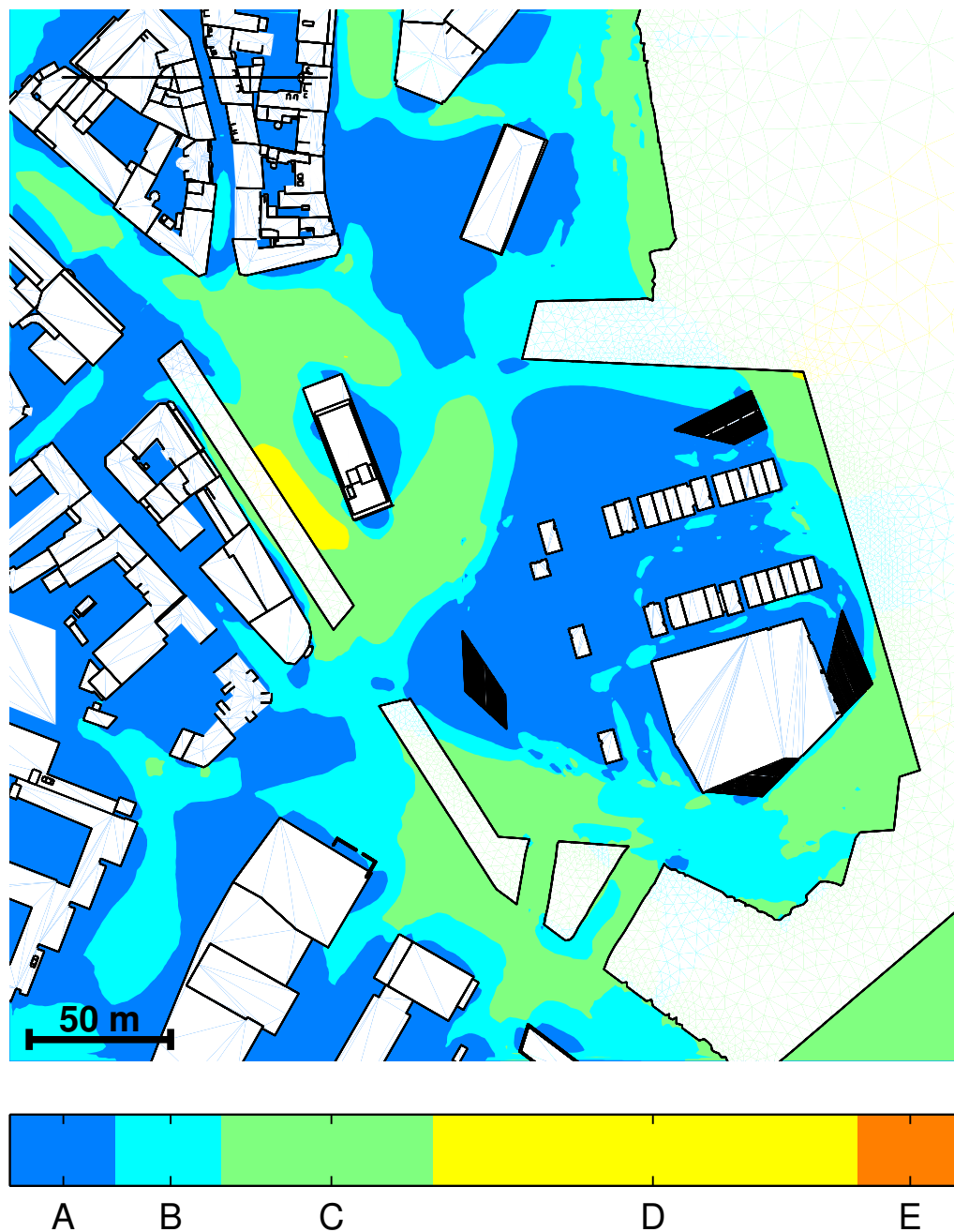


**Figur 25** Konturplot af tidlig overskridelse af komfortkriteriet (formel (1)) i % på terrænniveau omkring Multimediehuset.

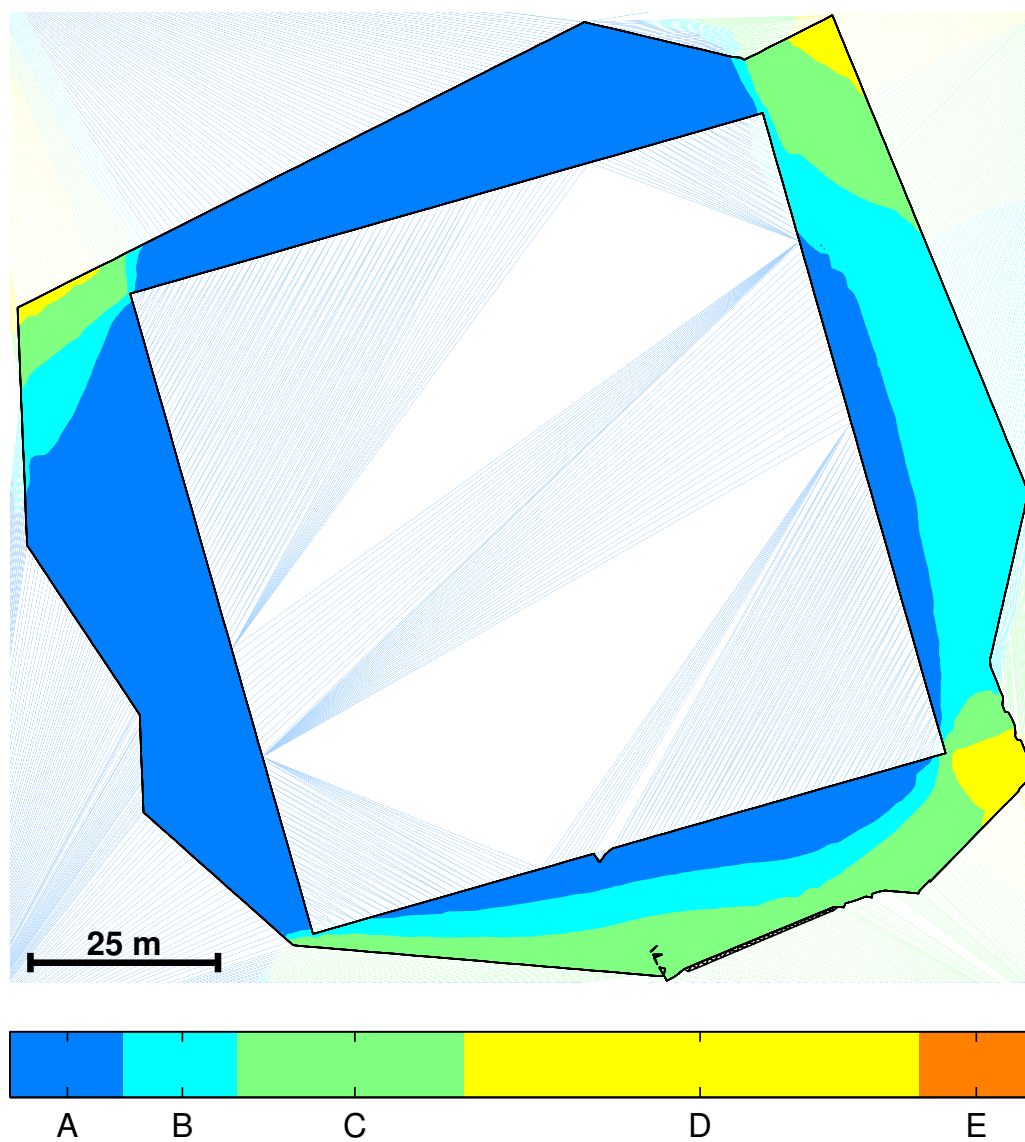
Den hyppigste overskridelse er på ca. 12 % og findes ved de fire hjørner på niveau 1. Overskridelsen er hovedsageligt et resultat af hjørnestrømninger.



**Figur 26** Konturplot af tidslig overskridelse af komfortkriteriet (formel (1)) i % på Multi-mediehusets niveau 1.



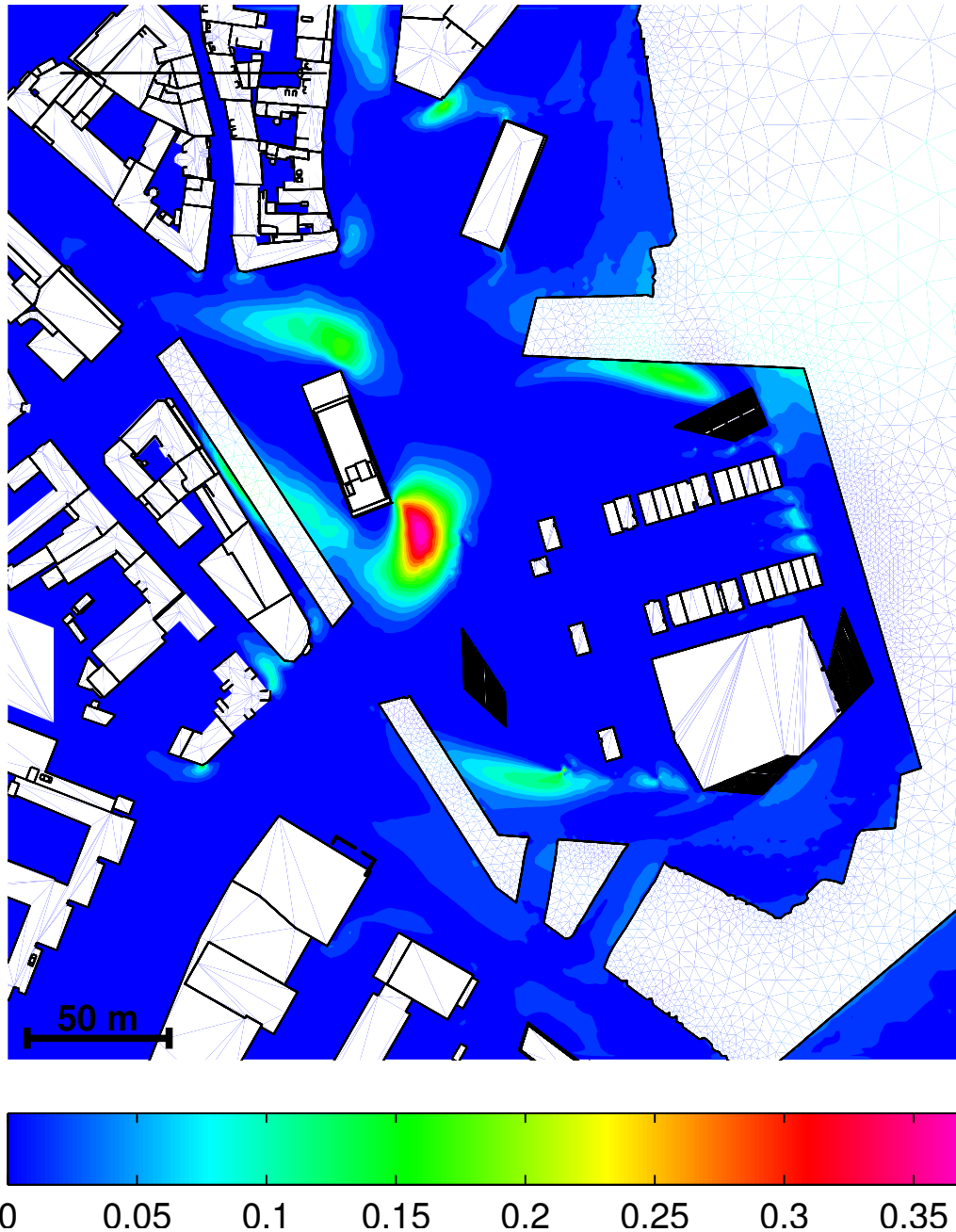
**Figur 27** Komfortniveauer på terrænniveau omkring Multimediehuset.



**Figur 28** Komfortniveauer på Multimediehusets niveau 1.

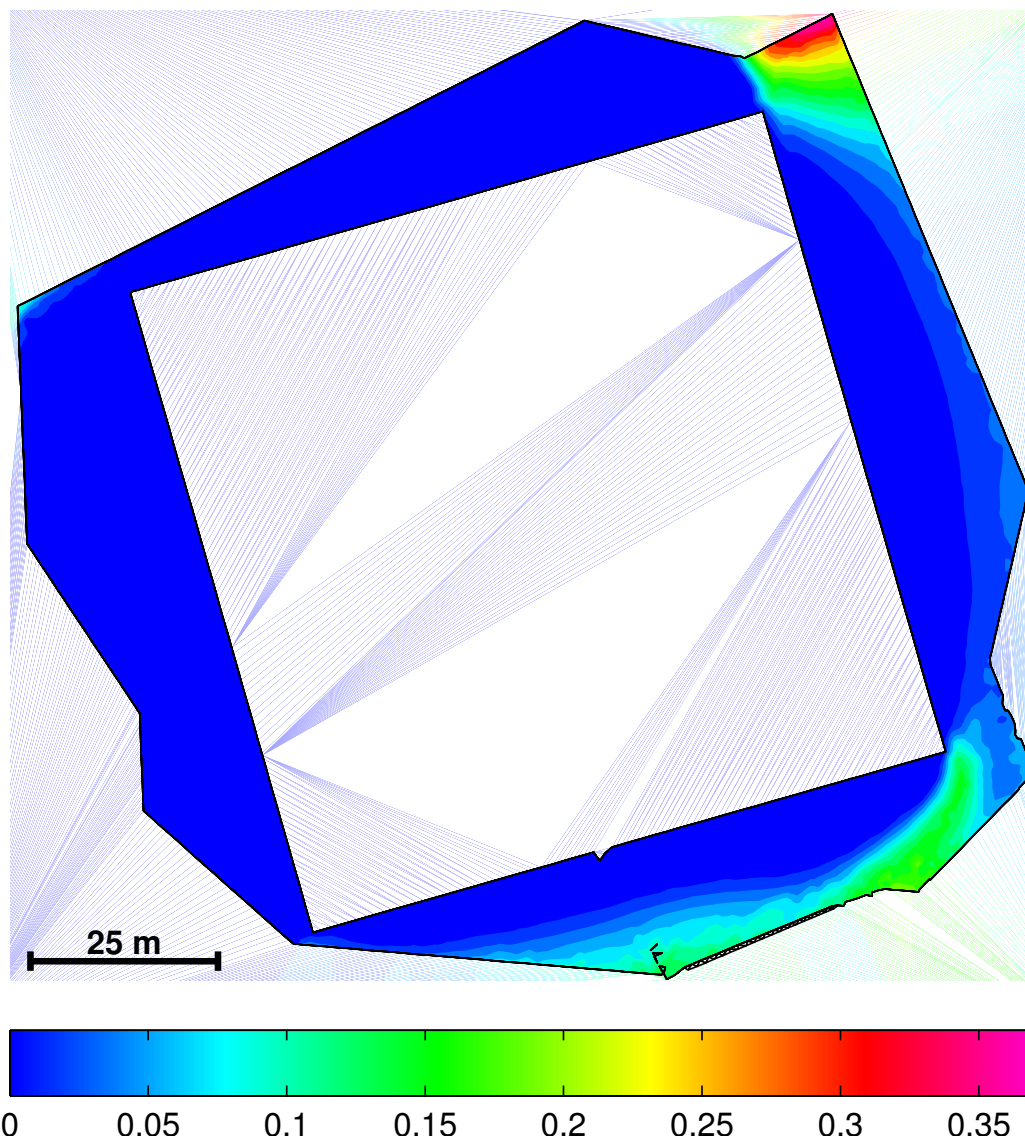
### 3.6 Sikkerhedskriteriet

På figur 29 og 30 ses konturplot af overskridelsen af sikkerhedskriteriet. På figur 31 og 32 er området inddelt i farvekoder svarende til kriterierne i afsnit 2.1.

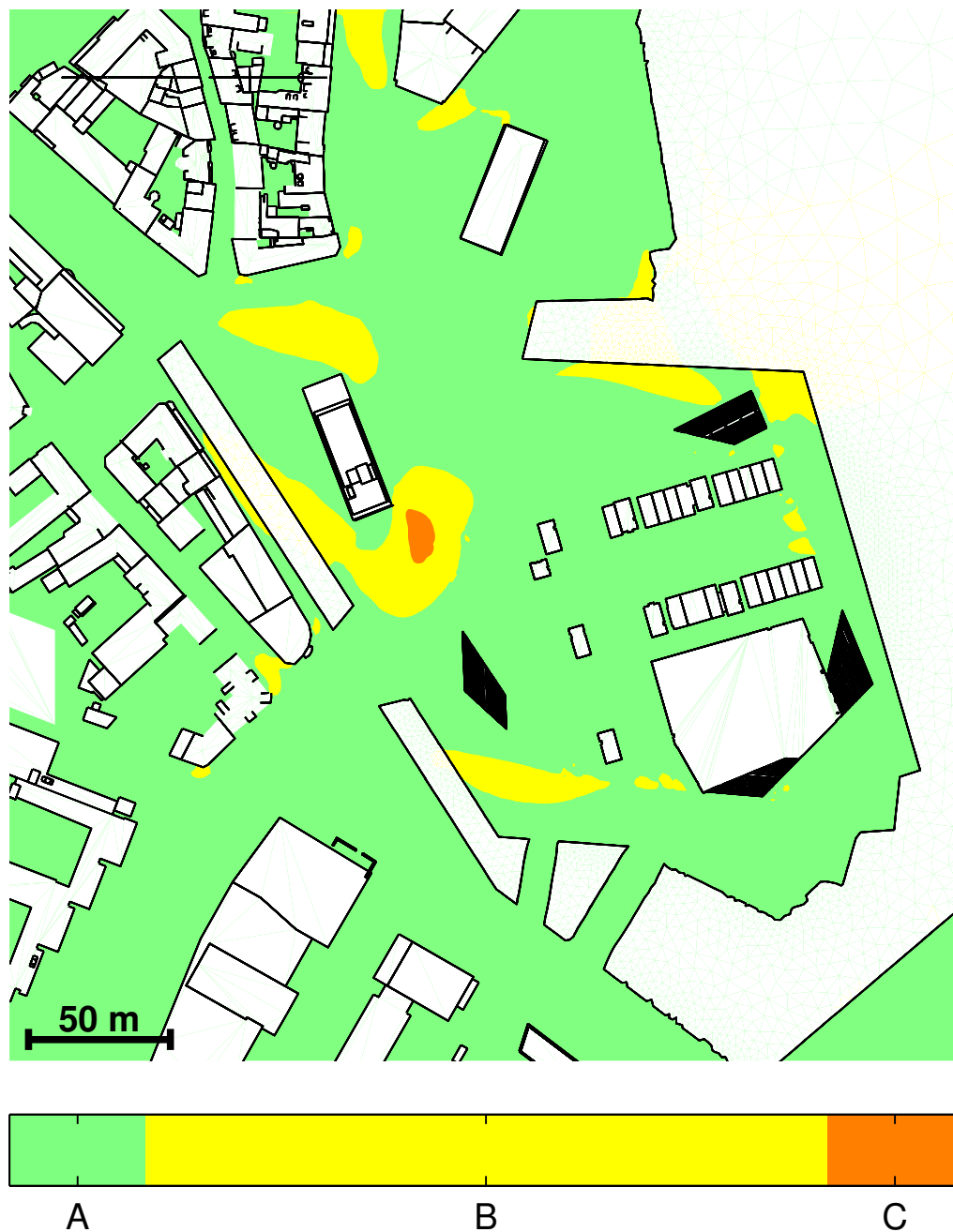


**Figur 29** Konturplot af tidlig overskridelse af sikkerhedskriteriet (formel (2)) i % på terrænniveau omkring Multimediehuset.

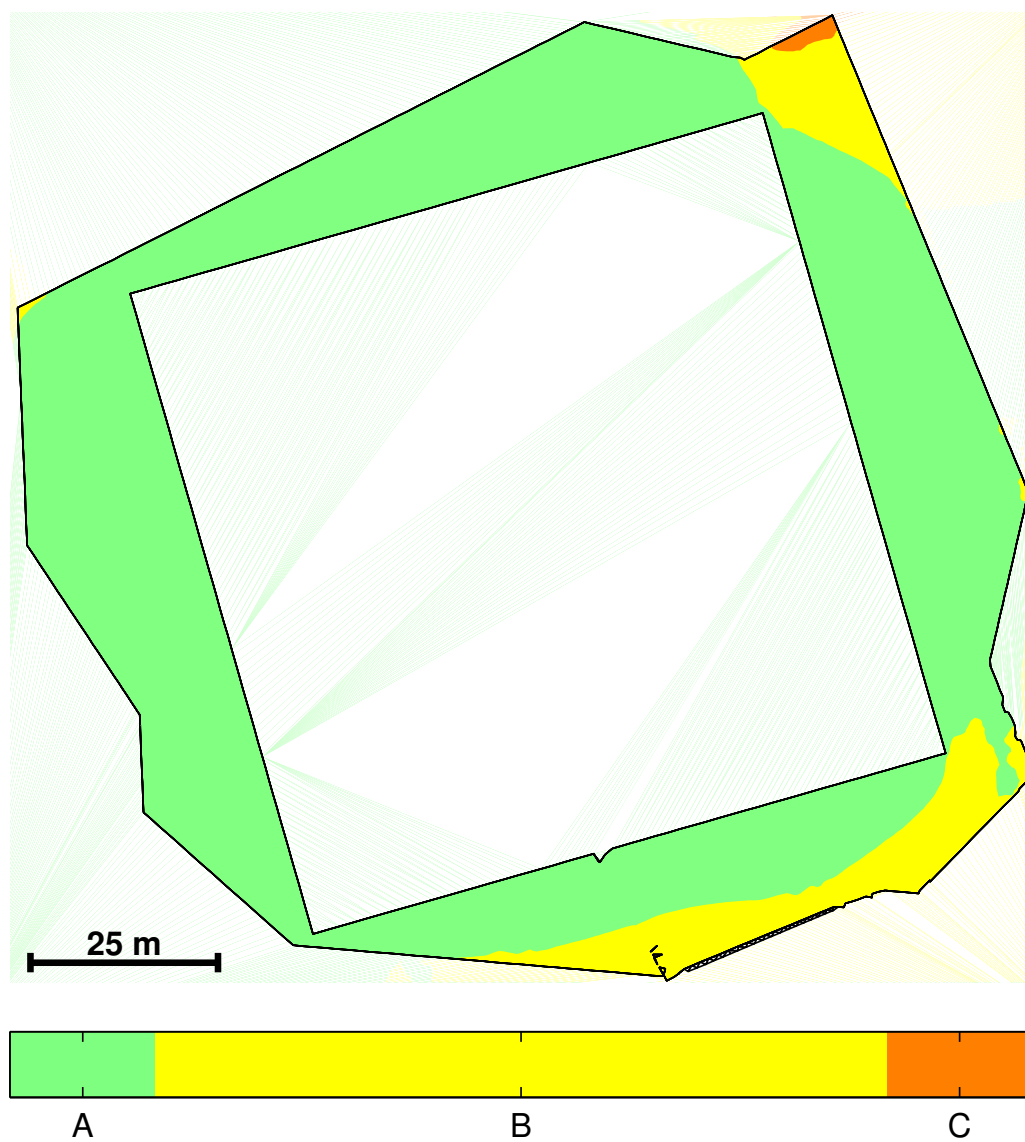




**Figur 30** Konturplot af tidslig overskridelse af sikkerhedskriteriet (formel (2)) i % på Multimediehusets niveau 1.



**Figur 31** Sikkerhedsniveauer på terrænniveau omkring Multimediehuset.



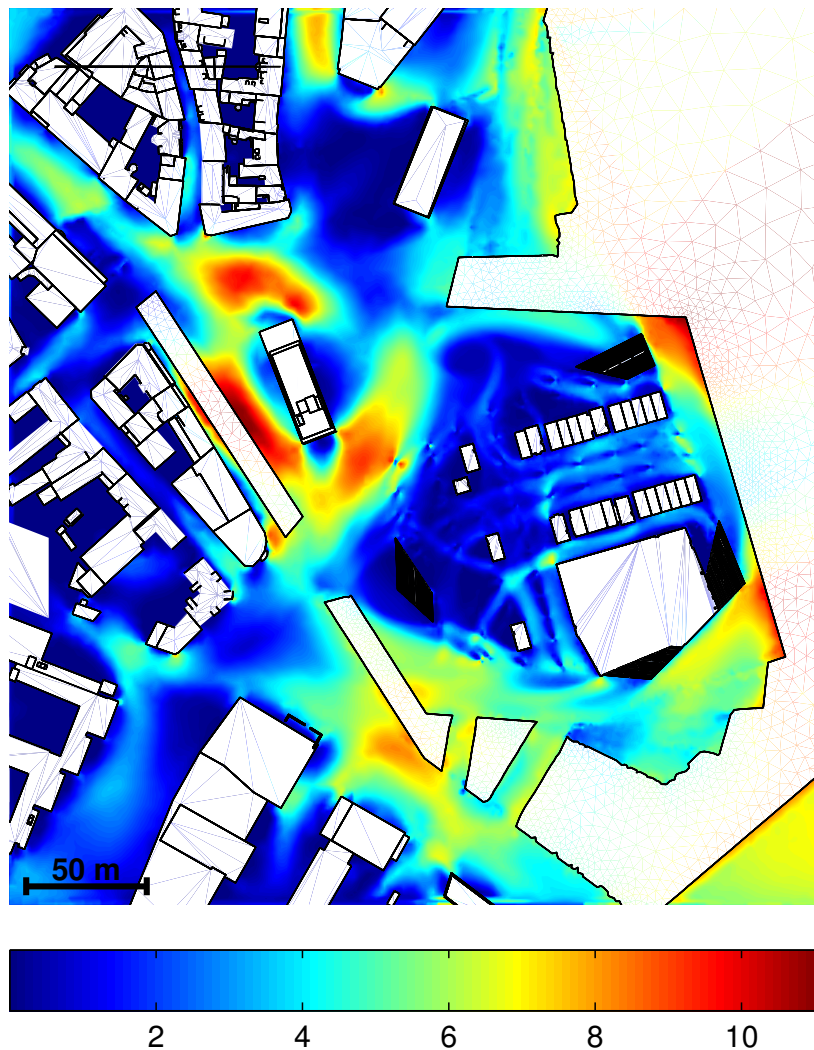
**Figur 32** Sikkerhedsniveauer på Multimediehusets niveau 1.



### 3.7 Evaluering efter SBI-anvisning 128

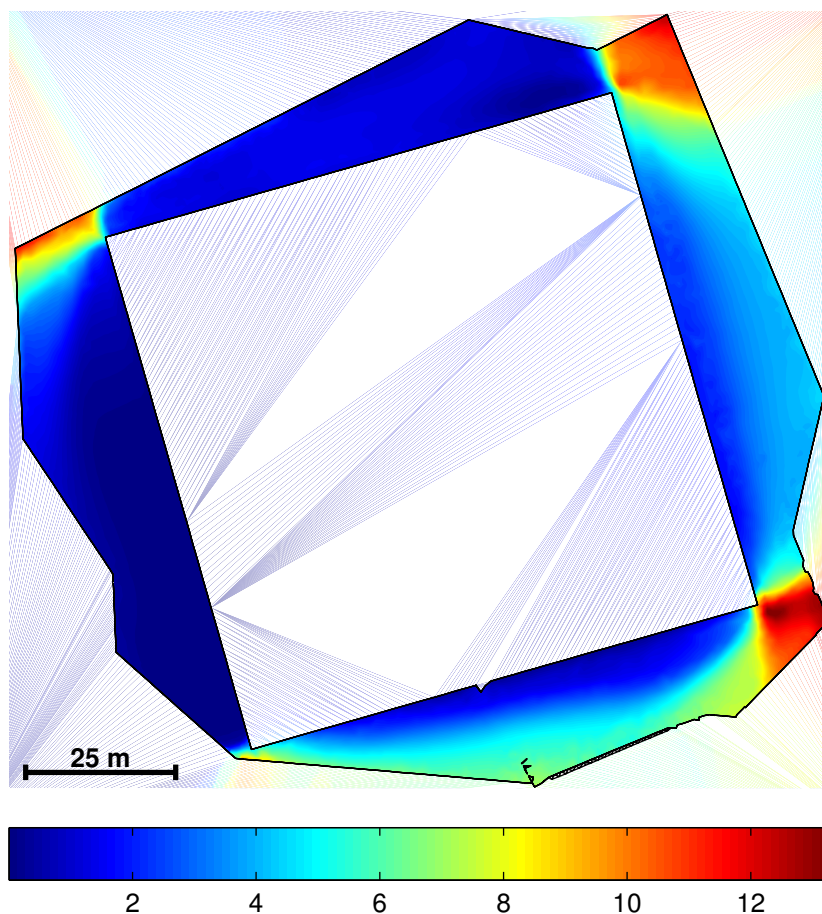
De anvendte komfort- og sikkerhedskriterier, der er baseret på nyere forskning, anses som den bedste vurdering af et områdes vindforhold. I det følgende er området evalueret efter SBI-anvisning 128.

Evalueringen er baseret på de samme beregningsmetoder, men der tages ikke højde for vindstød, og det er således sandsynligheden for, at middelvinden overskrider 5 m/s, der er angivet i figur 33 og 34.



**Figur 33** Vindforhold på terrænniveau evalueret efter 5 m/s-kriteriet angivet i SBI-anvisning 128.

Det fremgår, at sandsynligheden for at middelvinden overskrider 5 m/s ikke når hverken 53 % som SBI-anvisningen angiver som „meget ubehageligt til farligt“, eller 20 % som bør give anledning til forbedringer.



**Figur 34** Vindforhold på niveau 1 evalueret efter 5 m/s-kriteriet angivet i SBI-anvisning 128.

### 3.8 Opfølgning

Som beskrevet tidligere er der i Danmark ikke et egentligt normgrundlag for hvor meget vind der er hensigtsmæssigt ved nye bygninger. Der er ingen tvivl om at der i sagens natur må accepteres mere vind omkring bygningerne, hvis man samtidigt ønsker markante bygninger i bylandskabet. Det er derfor vigtigt at man forholder sig til muligheder for at nedbringe de uheldige effekter af kraftig vind omkring bygninger.

Overskridelsen af kriterierne skal selvfølgelig ses i forhold til områdernes anvendelse sådan at stillesiddende aktivitet hovedsageligt placeres i områder i kategori A og at sikkerhedsmæssige kritiske zoner ikke er sammenfaldende med andre risici som f.eks. fodgængerfelter eller cykelstier.

figur 25 viser at de mest ukomfortable vindforhold findes omkring Europahuset hvilket bekræfter erfaringen om at området er forblæst. Med vind fra vest til syd-vest ledes vinden ned på terrænniveau som en følge af at Europahuset er højere end de omkringliggende bygninger. Desuden opstår der hjørnestrømninger i større eller mindre grad for alle bygningens hjørner.

Et af de steder hvor dårlige vindforhold forventes, er ved hjørnerne på bygninger, hvilket

undersøgelsen i dette tilfælde også viser. Alle steder falder komfortkriteriet dog indenfor kategori A-D hvilket må anses for værende acceptabelt.

Hjørnestrømningerne betyder at der opstår en mindre zone i det nord-østlige hjørne af niveau 1 hvori sikkerhedskriteriet falder indenfor kategori C. Zonen har dog kun en mindre overskridelse i en meget begrænset udstrækning hvilket kan anses for at ligge indenfor metodens usikkerhed.

På terrænniveau falder en mindre zone ved Europahuset også i sikkerhedskategori C grundet en hjørnestrømning. Zonen er sandsynligvis ikke forværret på grund af opførelsen af Multimediehuset.

---

## 4 Konklusion

Etableringen af Multimediehuset giver ikke anledning til store forøgelser af vindhastigheden i området omkring bygningen. På terrænniveau skabes gode læforhold i store dele under bygningen. På bygningens niveau 1 er vindhastighederne som forventet en smule højere, dels på grund af højere placering og dels på grund af hjørnestrømninger.

Forholdene i området omkring Europahuset, der er kendetegnet som værende forblæst, opstår som følge af Europahusets højde i forhold til det omkringliggende byggeri samt hjørnestrømninger.

Hjørnestrømninger kan være svære at undgå. Hvis det er muligt, bør derfor undgå at skabe opholdsarealer med stillesiddende aktivitet i disse zoner.

Overslagsberegningerne på vindstatistikken viser, at hverken komfort- eller sikkerhedskriteriet giver anledning til større problemer. De anvendte kriterier stammer fra de Hollandske normer, da der ikke eksisterer tilsvarende normer tilpasset til danske forhold.

Evalueret efter den danske SBI-anvisning 128 angiver at området ikke er nødvendigt at der laves yderligere tiltag til forbedring af vindforholdene. Denne evaluering tager dog ikke højde for vindstød.

# Litteratur

- Bjerregaard, E. og F. Nielsen (1981). *SBI-Anvisning 128: Vindmiljø omkring bygninger*. In Danish. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Blocken, B. og J. Carmeliet (2004). „Pedestrian wind environment around buildings: Literature review and practical examples“. I: *Journal of Building Physics* 28.2, s. 107.
- Blocken, B. og J. Persoon (2009). „Pedestrian wind comfort around a large football stadium in an urban environment: CFD simulation, validation and application of the new Dutch wind nuisance standard“. I: *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 97.5-6, s. 255–270.
- Hunt, J., E. Poulton og J. Mumford (1976). „The effects of wind on people: new criteria based on wind tunnel experiments“. I: *Building and Environment* 11.1, s. 15–28.
- Menter, F. (1994). „Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications“. I: *AIAA journal* 32.8, s. 1598–1605.
- Troen, I. (1989). *European wind atlas*. Risø National Laboratory.
- Wieringa, J. (1986). „Roughness-dependent geographical interpolation of surface wind speed averages“. I: *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 112.473, s. 867–889.
- (1992). „Updating the Davenport roughness classification“. I: *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 41.1-3, s. 357–368.
- Yang, W., Y. Quan, X. Jin, Y. Tamura og M. Gu (2008). „Influences of equilibrium atmosphere boundary layer and turbulence parameter on wind loads of low-rise buildings“. I: *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 96.10-11. 4th International Symposium on Computational Wind Engineering, s. 2080–2092.
- Yang, Y., M. Gu, S. Chen og X. Jin (2009). „New inflow boundary conditions for modelling the neutral equilibrium atmospheric boundary layer in computational wind engineering“. I: *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics* 97.2, s. 88–95.

## **Seneste udgivelser i DCE Technical Report serien**

Analyse af vindforhold på Viborgvej/Bredskiftevej. Rasmussen, M. R., Lauridsen, T. B., Kjemtrup, I-M., Hjul, J. 2010 Aalborg : Aalborg Universitet. Institut for Byggeri og Anlæg. 42 s. (DCE Technical Reports; 84).

Analyse af vindforhold omkring Isbjerget og Fantomet. Rasmussen, M. R. 2008 Aalborg : Aalborg Universitet. Institut for Byggeri og Anlæg. 25 s. (DCE Technical Reports; 43).

Analyse af vindkomfort og sikkerhed omkring Boliger, Centralværkstedet, Århus. Rasmussen, M. R. 2006 Aalborg : Aalborg University. Institut for Byggeri og Anlæg. 15 s. (DCE Technical Report; 1).

